

H. FUHRMANN

## Die Elektronik als Grundlage für die automatische Analyse in der chemischen Industrie und in Kraftwerken

DK 621.317.39:541.133.08 + 545.81

Der Wunsch nach einem automatischen Analysenablauf ist fast so alt wie die analytische Chemie selbst. Die Erforschung und Entwicklung neuer physikalischer und physikalisch-chemischer Meßverfahren in Verbindung mit der Elektronik haben dazu beigetragen, die mehr oder weniger subjektive Labor-Handanalyse zu automatisieren und die Messung unmittelbar an die Entnahmestelle des Industrieprozesses zu verlegen. Von den ersten Anfängen einer kontinuierlichen Betriebsmessung bis zur vollautomatischen Analyse mit Registrierung und Regelung von Industrieprozessen bedurfte es mehrerer Jahrzehnte.

### 1. Leitfähigkeitsmessung

Eine der einfachsten und seit vielen Jahren erprobten selbsttätigen und kontinuierlichen Betriebsmessungen ist die Leitfähigkeitsmessung zur Überwachung von Flüssigkeiten hinsichtlich der darin gelöst enthaltenen Salze, Säuren und Laugen. Die Messung spricht unspezifisch, nämlich auf die Summe aller Ladungsträger an. Die elektrolytische Leitfähigkeit bildet die Grundlage dieses Verfahrens; die in der Flüssigkeit vorhandenen Ionen übernehmen den Stromtransport. Der Dissoziationsgrad ist ein Maß dafür, wie viele Moleküle insgesamt aufgelöst, das heißt in Kationen und Anionen zerlegt sind. Für viele Industrieprozesse, besonders aber für Kraftwerke, ist diese Meßgröße von besonderer Bedeutung. Die Messung des elektrolytischen Stromes wird bei höheren Konzentrationen direkt in einer Brückenschaltung vorgenommen. Um Polarisationserscheinungen zu vermeiden, wird grundsätzlich mit Wechselstrom gearbeitet. Zur Messung sehr kleiner Salzgehalte, die beispielsweise in Kondensat, Destillat, Dampf oder vollentsalztem Wasser vorkommen, verwendet man elektronische Verstärker.

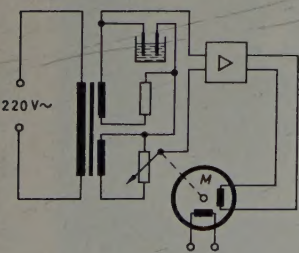


Bild 1. Grundschaltung eines Kompensationschreibers für die Leitfähigkeitsmessung

In den letzten Jahren haben sich Kompensations-Meßverfahren in Verbindung mit Kompensationschreibern mehr und mehr durchgesetzt. Der Vorteil dieser Anordnungen liegt insbesondere darin, daß die an die Elektroden angelegte Wechselspannung nicht erst gleichgerichtet zu werden braucht und daß man bei Verwendung hochwertiger Wechselspannungsverstärker auch geringste Wechselspannungen messen kann. Die Grundschaltung eines solchen Kompen-

sations-Meßgerätes für die Anwendung zur Leitfähigkeitsmessung ist im Bild 1 zu sehen. Meß- und Kompensationskreis werden direkt vom Wechselstromnetz gespeist. Die beiden Elektroden erhalten die Speisespannung von einer Wicklung des Netztransformators; die Vergleichsspannung, die am Meßpotentiometer liegt, wird einer zweiten Wicklung entnommen. Bei Änderung der Leitfähigkeit tritt eine Differenzspannung auf, die verstärkt und dem Nullmotor zugeführt wird, der seinerseits den Abgriff des Meßpotentiometers so lange verschiebt, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Die am Potentiometer abgegriffene Spannung entspricht dann der an den Elektroden liegenden Spannung. Mit der Achse des Potentiometers ist eine Schreibfeder gekuppelt, so daß der Meßwert kontinuierlich mitgeschrieben wird. In der Prinzipschaltung ist die Temperaturkompensation, die üblicherweise angewendet wird, nicht eingezeichnet.

### 2. pH-Wert-Messung

Die pH-Wert-Messung ist neben der Leitfähigkeitsmessung eine seit vielen Jahrzehnten in der Industrie vorgenommene kontinuierliche Messung. Mit Hilfe der Elektronik war es möglich, dieses Meßverfahren so weit zu verbessern, daß das moderne pH-Gerät zu den zuverlässigen und robusten Standardgeräten der Großindustrie gehört.

Der pH-Wert ist ein Maß für die Anzahl der Wasserstoffionen in einer Lösung (Wasserstoffionenkonzentration). Das elektrometrische Meßverfahren, bei dem die elektrische Wirkung von in Lösung befindlichen Ionen auf die Elektroden ausgenutzt wird, ist das genaueste. Bei den modernen pH-Meßgeräten werden fast ausschließlich Glaselektroden verwendet, deren Kugel mit einer Bezugselektrode (Kalomel) in einer Kette zusammengeschaltet ist. Da sich das Potential von Glaselektroden wegen des hohen Widerstandes (50...100 M $\Omega$ ) nicht unmittelbar messen läßt, ist hierfür ein Röhrenverstärker mit sehr hohem Eingangswiderstand ( $> 10^{11} \Omega$ ) nötig, der häufig mechanisch moduliert und stark gegengekoppelt ist. Grundsätzlich findet an den obengenannten hochohmigen Glaselektroden eine stromlose Spannungsmessung statt.

Temperatur- und Steilheitsfehler der Meßkette können im Verstärkerausgang bei Verwendung eines in die Meßlösung eintauchenden Widerstandsthermometers oder eines Vorwiderstandes kompensiert werden.

Im Bild 2 ist die Schaltung einer derartigen Meßanordnung in Verbindung mit einem modernen elektronischen Kompensationschrei-



ber, einem mechanischen Vibrator zur Umformung der Gleichspannung in eine Wechselspannung, einem Verstärker und dem dazugehörigen Servomotor zur Einstellung des Nullpotentiometers *MP* dargestellt. Die Normalzelle, die in bestimmten Zeitabständen automatisch an den Meßkreis gelegt wird, um die Hilfsstromquelle *HE* über den veränderbaren Widerstand *W* abzugleichen, ist im Bild

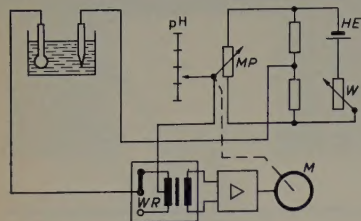


Bild 2. Prinzipschaltung einer pH-Meßeinrichtung in Verbindung mit einem Kompensationsverstärker

nicht zu sehen. Die von der Elektrodenkette kommende Gleichspannung wird über den Wechselrichter *WR* mit der am Meßpotentiometer liegenden Spannung verglichen, indem der Abgriff so lange verschoben wird, bis die Elektrodenspannung gleich derjenigen zwischen dem Abgriff und dem einen Ende des Potentiometers ist. Der an der Skala direkt angezeigte pH-Wert entspricht der Einstellung des Abgriffes am Meßpotentiometer.

### 3. Die automatische Analyse unter Anwendung physikalisch-chemischer Meßverfahren

Die bisher beschriebenen Meßverfahren beruhen auf der unmittelbaren Messung elektrischer Größen oder auch auf dem Vergleich mit einer zweiten, bekannten elektrischen Größe. Sie sind völlig unspezifisch und daher zur qualitativen und quantitativen Messung einzelner Komponenten in Flüssigkeiten und in Gasen, insbesondere in einem Gemisch vieler Komponenten, nicht brauchbar. Zur selektiven Erfassung derartiger Größen müssen sie zunächst in direkt meßbare, meist elektrische Größen umgeformt werden. Diese Umwandlung wird hier in Verbindung mit chemisch-physikalischen Verfahren erreicht. Voraussetzung für das selektive Erfassen bestimmter Komponenten ist, daß sich die Meßgröße von den übrigen Größen wesentlich und nach Möglichkeit in mehreren Eigenschaften unterscheidet. Das kolorimetrische Meßverfahren hat bei Verwendung entsprechender Indikatoren oder Reagenzien den Vorzug, daß die zu messende Komponente (z.B. Spuren von  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  in Lösungen oder  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NH}_3$  in einem Trägergas) eine spezifische chemische Reaktion in Anwesenheit von Störkomponenten hervorruft und daß außerdem bei Auswahl entsprechender optischer FarbfILTER mögliche Störungen ausschaltbar sind. Die bei Zusatz von Indikatoren entstehende Farbentwicklung (Farbton) und Farbtiefe sind charakteristisch für die betreffende Komponente. Das kolorimetrische Verfahren hat sich besonders bei der Messung geringster Spuren in Lösungen und Gasen bewährt [1, 2].

Die lichtelektrische Erfassbarkeit der Meßgröße und die Umwandlung in eine elektrische Größe mit Hilfe des Photoeffektes oder des Photostromes bilden die technische Grundlage. Das Verfahren folgt dem Lambert-Beerschen Gesetz, nach dem die Intensität monochromatischen Lichtes exponentiell mit der Konzentration der absorbierenden Substanz abnimmt.

$$\lg \frac{I_0}{I} = E \cdot L \cdot C,$$

wobei  $I_0$  die Intensität des einfallenden Lichtes,  $I$  die Intensität des ausfallenden Lichtes nach der Absorption ist,  $E$  der Extinktionskoeffizient,  $L$  die Schichtdicke und  $C$  die Konzentration der Lösung.

Die im folgenden beschriebenen Analysengeräte arbeiten ausschließlich nach diesem Prinzip, wobei der Ablauf einer vollständigen Analyse, der 3...12 min dauert, von einer Synchronschaltuhr gesteuert wird. Die zu prüfende Lösung wird dabei selbsttätig aus einer Leitung oder einem Behälter entnommen. Anschließend werden selektiv wirkende Reagenzien zugesetzt und mit der Probe vermischt. Nach einer genau festgelegten Reihen- und Zeitfolge kommen weitere Indikatoren hinzu, und nach abgeschlossener Reaktion erfolgt die photometrische Auswertung, die auch gleichzeitig aufgezeichnet wird.

Bei der selbsttätig ablaufenden kolorimetrischen Analyse zeichnen sich vier wesentliche Vorteile ab:

- 1) hohe Empfindlichkeit infolge von Reagenzien, die selbst bei geringsten Spuren eine hohe Farbkonzentration oder Farbdifferenz hervorrufen und daher nur geringe elektronische Verstärkung benötigen,
- 2) hohe Genauigkeit, die mit dem kolorimetrischen Verfahren allgemein gegeben, jedoch wegen genauesten Einhaltens der Reaktionszeiten, Meßzeiten usw. der Analyse von Hand weit überlegen ist,
- 3) selektives Ansprechen auf nur eine einzige Komponente in Gegenwart von Störkomponenten bei Verwendung geeigneter Indikatoren und
- 4) photoelektrische Auswertung durch Anwendung einer Kompensations-(Null-)Methode (mit objektiver Anzeige).

Die Geräte werden vorwiegend in Kraftwerken, Wasserwerken, Schwimmbädern und der chemischen Industrie eingesetzt. Daraus ergeben sich die Standard-Analysenverfahren. Für die Messung von Kieselsäurespuren bei Vollentsalzungsanlagen in Kraftwerken wird

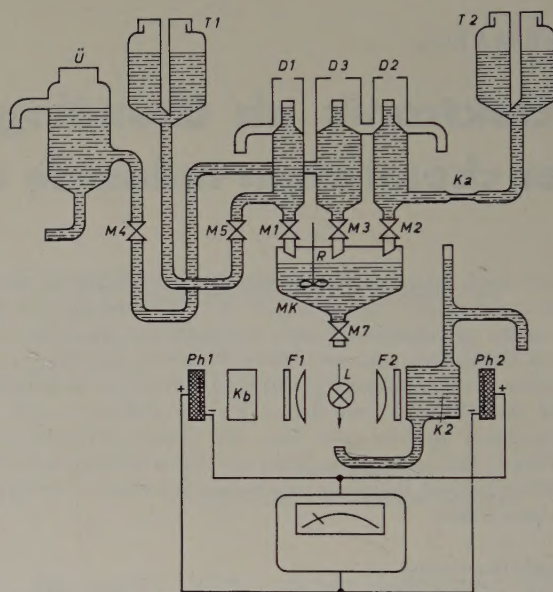


Bild 3. Schematische Darstellung des Silikometers nach Dr. Fuhrmann

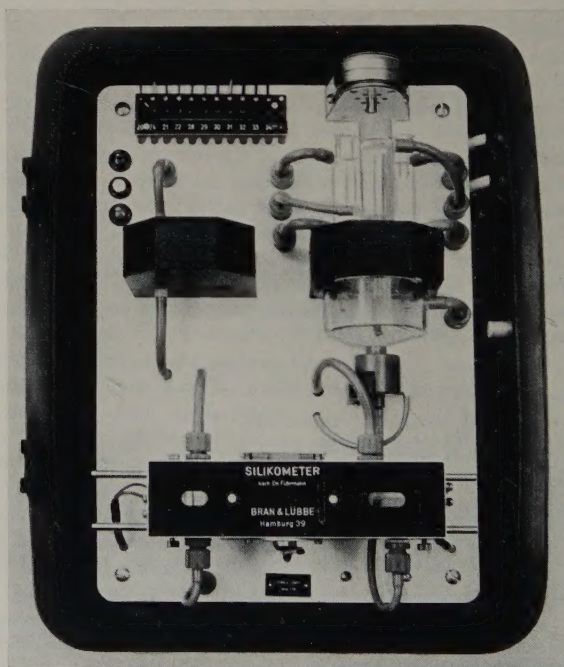


Bild 4. Aufbau des Silikometers (Werkfoto Bran & Lütbe)



das Molybdänblau-Verfahren angewendet (Silikometer). Die Funktion eines solchen Gerätes ist schematisch im Bild 3 dargestellt, während Bild 4 den Aufbau des Analysenteiles zeigt.

Die schematische Darstellung erläutert die Dosier- Misch- Vorrichtung sowie die elektrische Auswertung. Das bereits entsalzte oder entkieselte Wasser gelangt vom Überlauf *Ü* über das Magnetventil *M 4* in den Dosierzylinder *D 3*, der beim Überlaufen durchgespült wird. Aus dem Tank *T 1* wird über *M 5* Ammoniummolybdat in *D 1* dosiert. Beide Dosierzylinder, *D 3* und *D 1*, entleeren sich gleichzeitig in die Mischkammer *MK*, nach 6 min gibt *D 2* die Reduktionslösung in *MK*. Die Reduktionslösung befindet sich im Vorratsbehälter *T 2* und gelangt über die Kapillare *Ka* in *D 2*. Mit der Rührvorrichtung *R* wird eine homogene Vermischung der Lösungen bis zur Bildung des Molybdänblau-Komplexes (innerhalb von 6 min) erreicht. Nach Öffnen des Ventiles *M 7* fließt das ausreagierte Gemisch in Zelle *K 2* und verdrängt die darin befindliche Lösung der vorhergehenden Messung. Die Photoelemente *Ph 1* und *Ph 2*, die in Differenzschaltung arbeiten, messen über die Filter *F 1* und *F 2* den Unterschied der Lichtabsorption. Die elektrische Auswertung erfolgt im Netzteil mit anschließender Verstärkung zum Anschluß für Punktschreiber und Fernanzeige.

Die deutschen Hersteller dieses Gerätes<sup>1)</sup> bevorzugen zur Dosierung der Chemikalien und des Prüfwassers Dosierzylinder mit freiem Auslauf in die Mischkammer oder in die Meß- und Vergleichsbehälter,

1) Bran & Lübbe, Hamburg

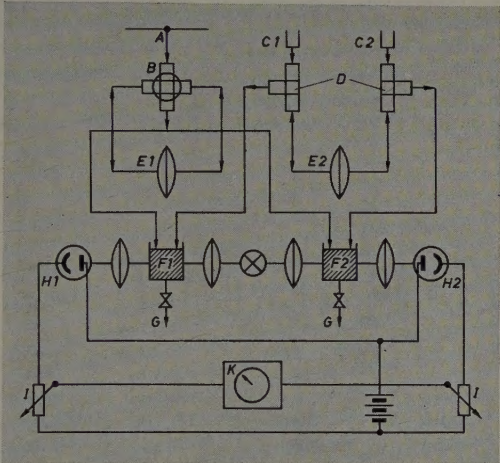


Bild 5. Schematische Darstellung des „Quantichem“; A = Zuleitung für Probe- wasser, B = Vierwegventil, C 1 = Reagenz 1, C 2 = Reagenz 2, D = Dreiweg- ventile, E 1 = Probepumpe, E 2 = Reagenzpumpe, F 1 = Vergleichsküvette, F 2 = Meßküvette, G = Ablauf, H 1 = Vergleichszelle, H 2 = Meßzelle, I = Potentiometer, K = Kreisblattschreiber

◀ Bild 6. Das „Quantichem“

Bild 7. Eichkurven der Stan- dard-Meßverfahren für die Überwachung des Kessel- speisewassers in Kraftwer- ken; a) und b) für Kieselsäure und c) für Hydrazin



die von kleinen Magnetventilen bedient werden. Für die Verstärkung der Photozellenströme wird ein stark gegengekoppelter Meßverstärker verwendet, der ähnlich dem pH-Verstärker die niedrige Eingangs- spannung über einen Wechselrichter in eine Wechselspannung um- formt, diese in mehreren Stufen elektronisch verstärkt und anschlie- ßend eine Gleichrichtung vornimmt. Die Anzeige erfolgt unmittelbar.

Auf den Erfahrungen des obengenannten deutschen Analysengerätes aufbauend, fand vor Jahren in den USA eine gemeinsame Parallel- entwicklung nach dem amerikanischen Standard statt<sup>2)</sup>. Die wesent- lichen Merkmale dieser Konstruktion liegen vor allem in der Verwen- dung von Spezial-Dosierpumpen für die Zumessung der Reagenzien und der Prüflüssigkeit sowie in der Anwendung einer Photometer- schaltung in Verbindung mit einem Nullverstärker und einem Kompensationschreiber. Die schematische Darstellung der Funktion zeigt Bild 5, und das Gerät selbst („Quantichem“) ist im Bild 6 wieder- gegeben.

Zur möglichst genauen Dosierung des Prüfwassers und der Reagen- zien sind kleine Membrandosierpumpen vorhanden. Die Flüssigkeiten sind mit verschiedenen Vierwegventilen steuerbar, die von einer Zeitschaltuhr ein- und ausgeschaltet werden. Das Gerät arbeitet mit einer Meß- und einer Vergleichsküvette, in die gleiche Volumina des zu messenden Wassers schrittweise zugegeben werden. Vor der Dosie- rung der Reagenzien wird zunächst ein automatischer Abgleich des Nullpunktes durchgeführt, um eine Alterung der Photozellen und eventuelles Verschmutzen in den Meßzellen elektrisch zu kompensieren. Der Auswertteil des Gerätes arbeitet in einer selbstkompen- sierenden Brückenschaltung. Die an den Potentiometern abfallenden Spannungen, die mit den Photozellen *H 1* (Vergleichszelle) und *H 2* (Meßzelle) in Serie liegen, werden mit Hilfe des obengenannten Null- verstärkers verglichen.

Nach Abgleich des Nullpunktes kommen zu den in den Kammern befindlichen Wasserproben dosierte Reagenzien und Indikatoren hinzu, die in der Meßzelle einen entsprechenden Farbwert erzeugen. In die Vergleichszelle wird zusätzlich ein Reagenz dosiert, das eine dem Nullpunkt des Meßverfahrens entsprechende Farbe hervorruft. Im Bild 7 sind einige Eichkurven der Standard-Meßverfahren für die Überwachung des Kesselspeisewassers in Kraftwerken wiedergegeben. Sie gelten sowohl für die deutsche wie auch für die amerikanische Ausführung des Meßgerätes.

Abschließend kann gesagt werden, daß es der modernen Betriebs- überwachung infolge Verwendung der beschriebenen automatischen Analysengeräte möglich gemacht wurde, viele Messungen, die früher nur mit umständlichen Einzelanalysen im Labor ausgeführt wurden, selbsttätig und unmittelbar im Betrieb beziehungsweise an der Pro- duktionsstätte auszuführen. Bei Anwendung elektronischer Regel- und Registriergeräte ergeben sich zahlreiche Anwendungsgebiete und folgende Vorteile:

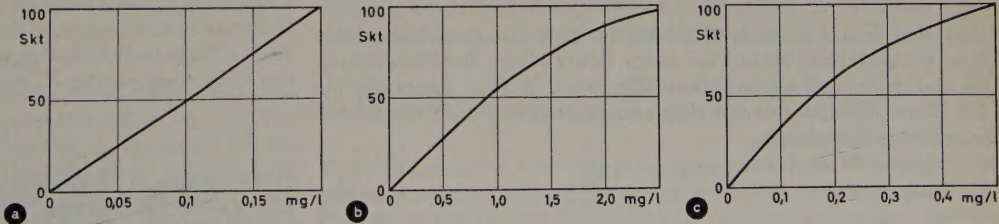
- 1) absolut selbsttätiges Arbeiten der Geräte ohne manuellen Eingriff,
- 2) Betriebssicherheit über lange Zeiträume, geringe Wartung und Nacheichung der Geräte mit Selbstkontrolle durch automatische Null- und Blindwertmessung,
- 3) Meßwerte werden registriert, also dokumentarisch festgehalten, Möglichkeit für Alarmsignalgabe (Maximum- und Minimumkon- takte) oder der Regler ist vorhanden.

2) Milton Roy Company, Philadelphia

### Schrifttum

[1] Fuhrmann, H.: Vollautomatische kolorimetrische Analysengeräte. Chem.- Ing.-Techn. Bd. 26 (1954) S. 401–404  
[2] Fuhrmann, H.: Möglichkeiten der Automatisierung bei der Betriebsanalyse. Chemiker-Ztg. Bd. 81 (1957) S. 678–680

(eingegangen am 20. April 1959)





# Ein neuer unsymmetrischer Gegentaktverstärker mit extrem kleinem Innenwiderstand

DK 621.375.127.3.028.2

## 1. Einleitung

Für alle elektroakustischen Übertragungen ist ein kleiner Innenwiderstand der Endstufe zur Dämpfung der Lautsprecher von großer Bedeutung, der im allgemeinen mit gemischter Rückkopplung erreichbar ist. Bewährt hat sich hier eine Endstufe, ähnlich wie sie Pfeifer beschreibt [1]. Vielfach reicht aber die Endleistung einer Eintakt-Endstufe nicht aus, und man geht daher zu Gegentaktschaltungen über. Von großem Vorteil ist das auch für den Ausgangstrafo, der dann von keinem Ruhegleichstrom durchflossen wird und damit besser ausgenutzt ist. Derartige Schaltungen werden dann allerdings bei sehr hohen Ansprüchen äußerst aufwendig [2], und deshalb sind Vereinfachungen zweckmäßig.

Eine Schaltung, die sich bisher ausgezeichnet bewährt hat, zeigt Bild 1. Besonders auffallend ist, daß beide Gegentakthälften unsymmetrisch sind. Dadurch wird der Klirrfaktor, wie die Praxis zeigt, wider Erwarten nur unwesentlich größer. Neben diesem zunächst un-

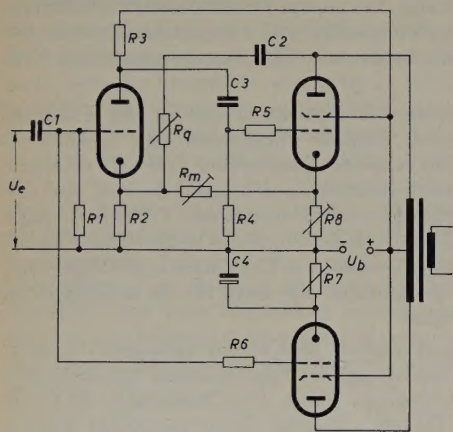


Bild 1. Schaltung der neuen unsymmetrischen Endstufe. Bei Verwendung der Röhren EC 92 und 2 x EL 84 sind folgende Werte günstig:  $R_1 = R_4 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = R_6 = 150 \Omega$ ,  $R_7$  und  $R_8$  je max.  $200 \Omega$ ,  $R_m = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $R_q = 0,2 \text{ M}\Omega$ ,  $C_1, C_3 = 25 \text{ nF}$ ,  $C_2 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_4 = 100 \mu\text{F}$

gewöhnlichen Verhalten dürfte das aber auch der einzige Nachteil sein, den man hier aber in Kauf nehmen kann, wenn dabei zwei Triodensysteme eingespart werden. Beim Vergleich mit der üblichen Gegentaktschaltung werden die Vorteile noch auffälliger. Dort wird das Triodensystem zur Erzeugung der symmetrischen Spannung benutzt, und um dieselbe Verstärkung zu erhalten, darf überhaupt keine Gegenkopplung angewendet werden. Die neue Schaltung bietet also einen sehr kleinen Innenwiderstand, und der bei Pentoden im A-Betrieb vorwiegend vorhandene Klirrkoeffizient  $k_3$  sinkt sogar noch auf etwa die Hälfte; allerdings steigt dafür  $k_2$  an. Die sonst noch immer zusätzlich verwendete Gegenkopplung bringt auch hier weiterhin Verbesserungen. Sie kann aber meistens kleiner ausfallen, so daß ebenfalls ein beträchtlicher Verstärkungsgewinn dabei herauskommt.

## 2. Wirkungsweise und Abgleich der Schaltung

Zur Erläuterung der Schaltung seien zunächst bei Kleinsignalverstärkung beide Gegentakthälften getrennt betrachtet. Für den „unteren“ Verstärkungsweig gilt dann

$$V = \frac{1}{D} \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i} \quad (1)$$

Darin sind  $D$  und  $R_i$  die Kenngrößen der Endröhre im Arbeitspunkt,  $R_a$  ist der Außenwiderstand der einen Röhre allein. Zur Betrachtung des oberen Zweiges ist es zweckmäßig, beide Röhren zusammen als eine Röhre mit anderen, mit einem hochgestellten Strich versehenen Kennwerten aufzufassen.

$$V' = \frac{1}{D'} \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i'} \quad (1a)$$

Zur symmetrischen Aussteuerung beider Gegentakthälften müssen beide Verstärkungen gleich groß sein. Dadurch ergibt sich für den gemeinsamen Durchgriff der beiden oberen Röhren die Beziehung

$$D' = D \cdot \frac{R_a + R_i}{R_a + R_i'} \quad (2)$$

Nach der Barkhausenschen Formel

$$S \cdot D \cdot R_i = S' \cdot D' \cdot R_i' = 1 \quad (3)$$

ist

$$D' \approx D + \frac{1}{S \cdot R_a} \quad \text{für } R_i' \rightarrow 0 \quad (2a)$$

Da der Durchgriff nur von Spannungsrückkopplungen beeinflusst wird, ist der Gegenkopplungsfaktor  $k$  berechenbar. Hierzu sei der obere Zweig ohne Rückkopplungen (Katodenwiderstände kapazitiv überbrückt) betrachtet, dann bleibt für die gemeinsamen Kenndaten beider Röhren der Innenwiderstand der Endröhre erhalten. Da die Steilheit um den Verstärkungsfaktor  $V_t$  der Triode zunimmt, muß der Durchgriff, auf die Endröhre allein bezogen, um denselben Faktor abnehmen. Nach Voorhoeve [3] gilt

$$D' = \frac{D}{V_t} - k \quad (4)$$

Mit den Gl. (2) und (2a) folgt

$$-k = D \left( \frac{R_a + R_i}{R_a + R_i'} - \frac{1}{V_t} \right) \approx D \left( 1 + \frac{1}{V_t} \right) + \frac{1}{S \cdot R_a} \approx D + \frac{1}{S \cdot R_a} \quad (5)$$

Die letzte Näherung gilt wegen  $V_t \gg 1$  und wenn  $R_i' \rightarrow 0$ . Der Gegenkopplungsfaktor ist also stark vom gewählten Arbeitswiderstand abhängig. Das ist wichtig für das Einstellen der Endstufe. Dabei wird der Gegentaktrafo zunächst entfernt und durch zwei Drosseln ersetzt. Beide werden mit gleichen, für die Endröhre optimalen Widerständen überbrückt, die dann die Außenwiderstände der beiden Gegentaktröhren sind. Der optimale Außenwiderstand wird durch Gegenkopplungen praktisch nicht geändert. Dann folgt bei sehr kleiner Aussteuerung und großem  $R_m$  (Bild 1) der vorläufige Abgleich des Widerstandes  $R_q$ , so daß beide Hälften die gleiche Verstärkung zeigen. Anschließend stellt man mit  $R_m$  etwa den Innenwiderstand Null ein. Erfahrungsgemäß genügt es, wenn bei Überbrückung mit  $200 \Omega$  die Ausgangsspannung sich kaum ändert. Abschließend wird nochmals mit  $R_q$  auf gleiche Verstärkung geregelt.

Für Serienfertigung solcher Gegentaktverstärker ist es sehr vorteilhaft, daß bei noch so großer Streuung (oder Alterung der Röhren) eine Einregelung des Anodenstromes auf einen vorgegebenen Wert ausreicht. Die Widerstände  $R_m$  und  $R_q$  sind dann durch Festwiderstände ersetzbar; ihre Vorausberechnung ist möglich.

## 3. Ersatzschaltbild und der Einfluß des Abschlußwiderstandes

Um ein übersichtliches Ersatzschaltbild zu erhalten, seien die beiden Hälften als parallelgeschaltet angenommen. Für die hier betrachteten kleinen Aussteuerungen ist das zulässig, wenn die Transformation der Widerstände berücksichtigt wird (Bild 2). Die Spannung  $U$  folgt aus der Eingangsspannung  $U_e$  nach der Beziehung

$$U_e = D \cdot U \quad (6)$$

Der gemeinsame Lastwiderstand  $R_l$  ist nur halb so groß, als wenn er auf eine Röhre bezogen wäre; daher besteht symmetrische Aus-



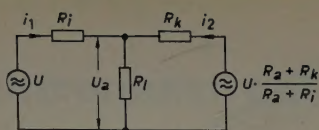


Bild 2. Ersatzschaltbild für kleine Aussteuerungen

steuerung für  $R_a = 2 R_l$ , was auch durch die folgende Rechnung bestätigt wird. Die Umrechnung auf die Strecke Anode—Anode wird später vorgenommen. Zunächst sei weiter das Ersatzschaltbild betrachtet, das alle Werte auf die eine Hälfte des Gegentaktrafos bezieht. An  $R_l$  tritt im Leerlauf ( $R_l \rightarrow \infty$ ) die Spannung

$$U_l = U \cdot \frac{R_i (R_a + R_i) + R_k (R_a + R_k)}{(R_a + R_i) (R_i + R_k)} \quad (7)$$

auf. Für den entsprechenden Kurzschlußstrom gilt

$$i_k = U \left[ \frac{1}{R_i} + \frac{R_a + R_k}{R_k (R_a + R_i)} \right] \quad (8)$$

Daraus folgt der wirksame Innenwiderstand

$$R_{iw} = \frac{U_l}{i_k} = \frac{R_i \cdot R_k}{R_i + R_k}, \quad (9)$$

entsprechend der weiter vereinfachten Ersatzschaltung nach Bild 3. Die Spannung an  $R_l$  ist allgemein

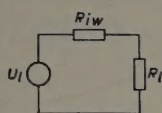


Bild 3. Weiter vereinfachtes Ersatzschaltbild für kleine Aussteuerungen

$$U_a = U_l \cdot \frac{R_l}{R_l + R_{iw}} \quad (10)$$

Unter Berücksichtigung der Gl. (7) und (9) folgt weiter

$$U_a = U \cdot \frac{R_a + 2 R_{iw}}{R_a + R_i} \cdot \frac{R_l}{R_l + R_{iw}} \quad (11)$$

Da die Spannung an den Widerständen  $R_i$  und  $R_k$  jeweils der Differenz aus Generator- und Ausgangsspannung entspricht, lassen sich die zugehörigen Teilströme aus der Division durch die zugehörigen Widerstände bestimmen. Sie sind:

$$i_1 = \frac{(R_a + R_i) (R_l + R_{iw}) - (R_a + R_{iw}) \cdot R_l}{R_i (R_a + R_i) (R_l + R_{iw})} \cdot U \quad (12)$$

und

$$i_2 = \frac{(R_a + R_k) (R_l + R_{iw}) - (R_a + 2 R_{iw}) \cdot R_l}{R_k (R_a + R_i) (R_l + R_{iw})} \cdot U \quad (13)$$

Nach einer weiteren Umrechnung ist die folgende bedeutsame Abschätzung zu gewinnen:

$$\text{für } R_k < R_i \text{ folgt aus } R_l \leq \frac{R_a}{2} \text{ immer } i_2 \geq i_1 \quad (14)$$

Wie bereits angedeutet, ist die Ersatzschaltung durch das Parallelschalten der Endröhren auf  $R_a/2$  abgeglichen, während  $R_l$  der zugehörige veränderbare Lastwiderstand ist.

Aus den Gl. (12) und (13) läßt sich der Gesamtstrom durch  $R_l$  berechnen

$$i_{\text{ges}} = i_1 + i_2 = i_2 \cdot \frac{R_a (R_i + R_k) + R_i \cdot R_k}{R_i (R_a + R_k) - R_l (R_i - R_k)} \quad (15)$$

#### 4. Das Verhalten bei Großsignalverstärkung

Hierbei genügt es, den A-Betrieb von Endstufen zu betrachten. Das Verhalten wird vorwiegend von dem Lastwiderstand  $R_l$ , der Betriebsspannung  $U_b$  und dem Ruhegleichstrom  $I_0$  bestimmt. Es sei zunächst eine einzelne Endröhre mit Drosselausgang angenommen ( $\omega L \gg R_l$ ). Unter optimalen Umständen kann dann sowohl die Anodenspannung als auch der Anodenstrom von Null bis zum doppel-

ten Ruhewert schwanken. Für Sinusaussteuerung ist also höchstens

$$i_{\text{eff max}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{und} \quad u_{\text{eff max}} = \frac{U_b}{\sqrt{2}} \quad (16)$$

Nur für einen bestimmten Lastwiderstand  $R_{a0}$  ist beides zugleich der Fall.

$$R_{a0} = \frac{U_b}{I_0} \quad (17)$$

Die zugehörige maximale Wechselstromleistung ist

$$N_{\sim} = \frac{1}{2} U_b \cdot I_0 \quad (18)$$

Für  $R_l \leq R_{a0}$  ist nur die volle Stromdurchsteuerung und für  $R_l \geq R_{a0}$  nur die volle Spannungsdurchsteuerung zu erreichen. Die maximale Wechselstromleistung ist deshalb allgemein

$$N_{\sim} = \frac{1}{2} \cdot I_0^2 \cdot R_l \quad \text{für } R_l \leq U_b/I_0 \quad (19a)$$

und

$$N_{\sim} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_b^2}{R_l} \quad \text{für } R_l \geq U_b/I_0 \quad (19b)$$

Hieraus folgt das im Bild 4 gezeigte Diagramm. Die wirkliche Leistungskurve für konstanten Klirrfaktor (etwa 10%) liegt bei Pentoden nur unwesentlich darunter.

Bei einer Gegentak-Endstufe ist daran zu denken, daß alle Werte meistens auf die Strecke Anode—Anode bezogen werden. Sie sollen im folgenden mit einem hochgestellten Stern gekennzeichnet werden. Bei der üblichen symmetrischen Gegentak-Endstufe kann, so be-

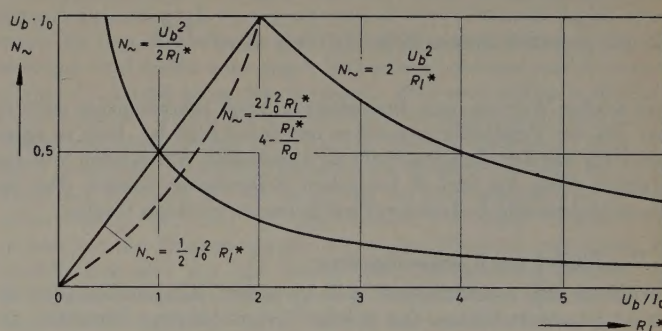


Bild 4. Theoretische Leistungskurven als Funktion des gemeinsamen Lastwiderstandes

trachtet, die doppelte Wechselspannung auftreten, während der Wechselstrom praktisch seinen Wert beibehält, woraus sich die weiteren Kurven im Bild 4 ergeben. Für die Gl. (16)...(19) ist dann überall die doppelte Betriebsspannung einzusetzen. Der Einfluß der Klirrkoeffizienten  $k_2$  und  $k_3$  wird weiter unten untersucht.

Die neue unsymmetrische Gegentak-Endstufe verhält sich bei reiner Spannungsdurchsteuerung praktisch ebenso wie die übliche Gegentak-Endstufe. Das ist leicht einzusehen; beide Anodenspannungen schwanken dann nämlich gleichzeitig von Null bis zum doppelten Ruhewert. Anders wird das Verhalten bei Stromdurchsteuerung. Hier liefern nämlich beide Systeme unterschiedlichen Wechselstrom; es ist nur das System mit dem größeren Stromanteil durchsteuerbar, und das ist das System mit dem kleineren Innenwiderstand, im Bild 1 also die obere Hälfte. Bei der Berechnung ist wieder die Transformation auf die Strecke Anode—Anode zu berücksichtigen. Wird deshalb Gl. (15) sinngemäß in Gl. (19a) eingesetzt, dann ist die maximale Wechselstromleistung

$$N_{\sim}^* = 2 \cdot I_0^2 \cdot R_l^* \cdot \left[ \frac{R_a (R_i + R_k) + R_i \cdot R_k}{4 R_i (R_a + R_k) - R_l^* (R_i - R_k)} \right] \quad (20)$$

$R_a$  ist hierin der zu den Drosseln parallelgeschaltete Widerstand, für den im Abschnitt 2 der Abgleich auf gleiche Verstärkung mittels des Reglers  $R_q$  beschrieben wurde. Aus Gl. (20) ist zu ersehen, daß die



Leistung in Abhängigkeit von  $R_l^*$  sowohl von dem Innenwiderstandsverhältnis  $R_i/R_k$  als auch von dem Verhältnis  $R_a/R_i$  beeinflusst wird. Eine bedeutende Vereinfachung ist für den praktisch wichtigen Fall  $R_k \rightarrow 0$  zu gewinnen. Es gilt dann

$$N_{\sim}^* (R_k = 0) = \frac{2 \cdot I_0^2 \cdot R_l^*}{4 - \frac{R_l^*}{R_a}} \tag{21}$$

Auch diese Gleichung ist im Bild 4 dargestellt (gestrichelt); sie ist zugleich die ungünstigste Leistungskurve überhaupt. Durch diese Stromverteilung zwischen den beiden Hälften der Schaltung wird das Maximum der Leistung mit einer etwas steileren Kurve erreicht. Das bedeutet einen etwas kritischeren optimalen Abschlußwiderstand.

Schließlich soll noch der wirksame Dämpfungswiderstand für die Lautsprecher berechnet werden. Hierzu sind das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  des Trafos und sein sekundärer Verlustwiderstand  $R_s$  einzuführen. Die primären Verlustwiderstände jeder Teilwicklung werden zu den Widerständen  $R_i$  beziehungsweise  $R_k$  (Bild 2) addiert. Es ergibt sich also

$$R_i' = R_i + R_{p1} \quad \text{und} \quad R_k' = R_k + R_{p2} \tag{22}$$

Der sekundäre Dämpfungswiderstand des Lautsprechers ist damit

$$R_d = R_s + \frac{\ddot{u}^2}{4} \cdot \frac{(R_i + R_{p1})(R_k + R_{p2})}{R_i + R_k + R_{p1} + R_{p2}} \tag{23}$$

Damit er Null wird, muß  $R_k$  negativ eingestellt werden, und zwar

$$-R_k \approx R_{p2} + \frac{4 \cdot R_s}{\ddot{u}^2} \tag{24}$$

Es gilt praktisch immer  $R_i \gg R_{p1}$  und  $R_i \approx \frac{4 R_s}{\ddot{u}^2}$ .

Ein solcher Wert ist ohne Instabilitäten noch betriebssicher einstellbar. Da der Verstärker nun schon unsymmetrisch ist, liegt es nahe, das auch auf den Ausgangstrafo zu übertragen. Auf Kosten von  $R_{p1}$  könnten dann  $R_{p2}$  und  $R_s$  besonders kleingehalten werden. Der dadurch eintretende Leistungsverlust ist meist durchaus tragbar.

### 5. Der Einfluß der Klirrkoeffizienten

Zwischen den quadratischen und kubischen Klirrkoeffizienten ist streng zu unterscheiden. Der übliche Verlauf bei einer Endröhre, die auf  $R_{a0}$  arbeitet, ist im Bild 5 wiedergegeben. Bei der symmetrischen

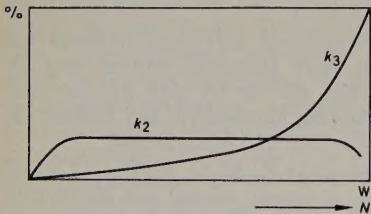


Bild 5. Klirrkoeffizienten einer Pentode, die auf  $R_{a0}$  arbeitet

Gegentaktschaltung kompensiert sich  $k_2$ , während  $k_3$  dagegen verdoppelt wird. Wichtig ist das Verhalten der Klirrkoeffizienten bei reiner Spannungs- oder Stromdurchsteuerung. Es zeigt sich, daß bei Stromdurchsteuerung  $k_2$ , im anderen Falle  $k_3$  vorherrscht. In dieser Hinsicht ergeben sich interessante Abweichungen der Verstärker. Die entsprechenden Kurven zeigt für einen kleinen Klirrfaktor (damit sie sich deutlich unterscheiden) Bild 6 qualitativ. Hierin gilt die Kurve  $a$  für die Parallelschaltung von zwei Endröhren. Dabei ist darauf zu achten, daß der  $R_l$ -Maßstab durch vier zu dividieren ist. Bei Spannungsdurchsteuerung liegt diese Schaltung gleichwertig mit der üblichen Gegentaktschaltung (Kurve  $b$ ). Am höchsten liegt der neue Verstärker (Kurve  $c$ ), da bei ihm die eine Hälfte infolge der starken Gegenkopplung linearisiert wird. Etwas darunter liegt die Kurve  $d$  des neuen Verstärkers, bei dem jetzt aber auf den jeweils verwendeten Abschlußwiderstand auch die Symmetrie eingestellt worden ist. Das Verhalten bei Stromdurchsteuerung läßt sich eben-

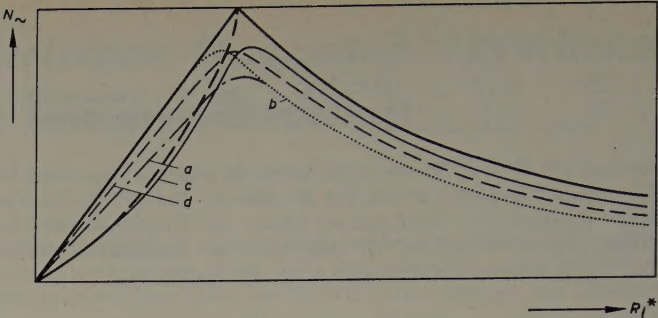


Bild 6. Leistungsvergleich verschiedener Endstufen bei relativ kleinem Klirrfaktor; a) Parallelschaltung von zwei Endröhren ( $R_l$ -Maßstab ist durch vier zu dividieren), b) übliche symmetrische Gegentaktschaltung, c) neue Endstufe für  $R_k \rightarrow 0$ , d) neue Endstufe, wenn für jeden Meßpunkt vorher auf Symmetrie abgeglichen wird

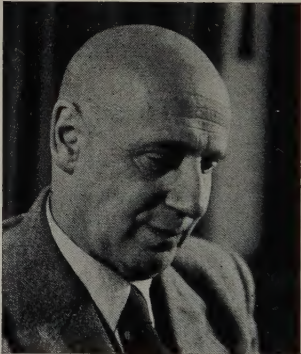
falls leicht verstehen. Aus diesen Kurven ist auch deutlich die Tendenz der Abweichung der besten Außenwiderstände von den theoretisch optimalen ersichtlich.

Abschließend fühlt sich der Autor verpflichtet, Herrn cand. phys. Herrmann für die Durchführung wertvoller Messungen seinen Dank auszusprechen.

### Schrifttum

- [1] Pfeifer, H.: Eine Endstufe für hochwertige Wiedergabe. Funk-Technik Bd. 10 (1955) Nr. 11, S. 304–305
- [2] Völz, H.: Elektroakustische Übertragungsanlage hoher Wiedergabequalität. Radio und Fernsehen Bd. 7 (1958) Nr. 11, S. 356–359
- [3] • Voorhoeve, N. A. J.: Niederfrequenz-Verstärkertechnik. Eindhoven 1952, Philips Techn. Bibl.

(eingegangen am 15. April 1959)



Theodor  
Graf von Westarp  
†

Am 4. Juni 1959 verschied völlig unerwartet nach nur kurzer Krankheit Theodor Graf von Westarp. Der Tod riß damit einen Mann aus unserer Mitte, dessen Leben auf das engste mit der deutschen Radiowirtschaft verbunden war. Mehrere Jahre konnte Graf von Westarp seine Erfahrungen und seinen Weitblick als Vorstands- und Beiratsmitglied der *Fachabteilung 14* im *Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie* zur Verfügung stellen, und mit seinem Namen verbindet sich die Erinnerung an manche bedeutungsvolle und repräsentative Veranstaltung dieses heute bedeutendsten Zweiges der deutschen Elektroindustrie.

Ein großer Teil des Lebensweges des Verstorbenen ist auf das engste mit der Geschichte und der Entwicklung des Hauses *Philips* in Deutschland verbunden. Vor 37 Jahren trat er in die Verkaufsabteilung der *Röntgenröhrenfabrik C. H. F. Müller*, Hamburg, ein. Weitere Stationen seines Weges waren dann die *Radioröhrenfabrik GmbH*, aus der später *Valvo* hervorging, und die *Deutsche Philips GmbH*, deren Geschäftsführer er schon 1932 wurde. Der zweite Weltkrieg unterbrach zwangsweise seine Tätigkeit im Dienste des Hauses *Philips*. Nach 1945 galt Graf von Westarps ganze Arbeitskraft dem Wiederaufbau seines Lebenswerkes. Aus den trostlosen Trümmern entstand es allen Schwierigkeiten zum Trotz neu. Wenn *Philips* heute eines der führenden deutschen Unternehmen der elektronischen Industrie geworden ist, so ist das wesentlich mit das Verdienst von Theodor Graf von Westarp, der auch nach seinem Ausscheiden aus der Geschäftsführung als Mitglied des Aufsichtsrates seit dem 1. April 1955 dem Unternehmen nach wie vor mit Rat und Tat zur Seite stand. Bei allen äußeren Erfolgen und Ehrungen blieb Graf von Westarp aber immer der stets hilfsbereite und gütige Mensch, dem es vergönnt war, Freundschaften zu knüpfen, die über den Tod hinaus währen.



# Elektronenstrahl-Schaltröhren für Verteil- und Zählaufgaben

DK 621.385.16:621.385.12:621.316.54

Die Zählgeschwindigkeit ist bei Kaltkathoden-Dekadenzählröhren oder Zählketten mit einzelnen Kaltkathodenröhren bei diesen gasgefüllten Glimm-Schaltröhren nach oben hin wegen der unvermeidbaren Entionisierungszeit begrenzt. Wenn auch, je nach Gasfüllung, eine Zählfrequenz von einigen Kilohertz und bei neueren Röhren dieser Art bis zu 100 kHz mit Sicherheit und ohne speziellen Schaltungsaufwand erreichbar ist, so ist doch eine solche Zählgeschwindigkeit für gewisse Zähl- oder Verteilaufgaben, zum Beispiel bei physikalischen Kernteilchen-Zählgeräten, um mindestens eine Größenordnung zu klein. Auch ist der Spannungsbedarf solcher Kaltkathoden-Zählröhren sowohl hinsichtlich der Betriebsspannung als auch der erforderlichen Eingangs-(Zähl-)Spannung zu groß.

Zählringe, Codierer, Speicher oder elektronische Verteiler lassen sich natürlich auch aus einzelnen Hochvakuumröhren oder Transistoren aufbauen, und hiermit sind auch Zählfrequenzen von etwa 1...10 MHz zu erreichen. Jedoch ist hierfür ein erheblicher Aufwand an Einzelröhren (etwa zehn Röhrensysteme für den eigentlichen Verteiler und weitere zehn für Vor- oder Nachverstärkung) oder Transistoren erforderlich, wobei auch der Schaltungsaufbau wegen kurzer Leitungsführung usw. recht kritisch werden kann. Wünschenswert wäre also eine einzelne Röhre, die — mit zehn Systemen versehen — Zählung und Verteilung bei einer Schaltfrequenz bis in das Megahertz-Gebiet hinein gestattet.

Eine größere Anzahl solcher Röhrentypen ist bereits serienmäßig erhältlich [1], und alle diese Röhren arbeiten nach einem neuartigen Prinzip, das zuerst besonders von schwedischen Wissenschaftlern erforscht wurde [2]. Zur Fortbewegung der Elektronen im Vakuum wird hierbei die gemeinsame Wirkung des elektrischen Feldes zwischen verschiedenartigen Elektroden innerhalb der Röhre und des magnetischen Feldes eines außerhalb der Röhre oder an der Röhrenaußenseite befestigten Ringmagneten verwendet. Die Elektronen bewegen sich hierbei auf Bahnen, wie sie in gleicher Art beim Mehrschlitzmagnetron auftreten. Die Bahnkurve eines einzelnen Elektrons ist dabei eine Zykloide oder Trochoide — die Bezeichnung „Trochotron“ für solche Röhren ist davon abgeleitet. Je nach Anfangsgeschwindigkeit der die Katode verlassenden einzelnen Elektronen beschreiben sie eine gewöhnliche Epizykloiden- oder eine verschlungene (verlängerte) Epizykloiden-Bahn.

Bild 1 zeigt die prinzipielle Elektrodenanordnung in einer Elektronenstrahl-Schaltröhre vom Trochotron-Typ. Die Wirkungsweise der

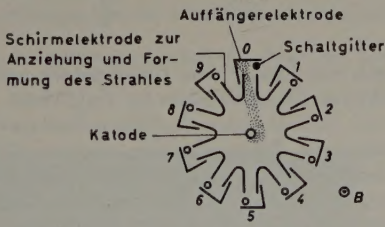


Bild 1. Elektrodenanordnung einer Elektronenstrahl-Schaltröhre vom Trochotron-Typ

Gitter sei vorerst nicht betrachtet. Wird bei geheizter Katode an alle Schirm- und Auffängerelektroden eine gleich hohe, positive Spannung angelegt und ist gleichzeitig das Magnetfeld  $B$  (senkrecht zur Zeichenebene) vorhanden, so werden zwar die Elektronen die Katode verlassen, aber sie können die außenliegenden Elektroden nicht erreichen, da die Äquipotentiallinien des elektrischen Feldes annähernd kreisförmig zwischen Katode und Anode verlaufen und die Elektronen sich längs solcher Linien unter dem Einfluß des Magnetfeldes bewegen. Erst nach Herabsetzen der Spannung an einer der Schirmelektroden auf etwa 60% der Betriebsspannung verändert sich das elektrische Feld derart, daß die Feldlinien teilweise auf dem betreffenden Schirm landen, so daß der Elektronenstrom auf diesen Schirm hingelenkt wird. Da bei diesen Röhren unter dem zusätzlichen Einfluß des Magnetfeldes trotz positiver Spannung am Schirm kein Strom fließt und erst nach Herabsetzen der Spannung an einem Schirm ein Strom auftritt, ist eine fallende Kennlinie zu erwarten. Bild 2 zeigt das  $I_s/U_s$ -Kenn-

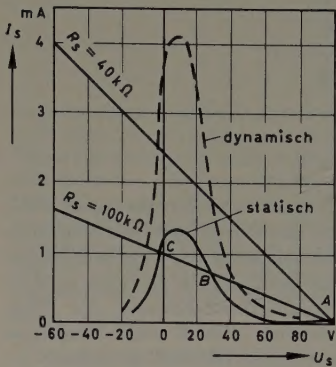
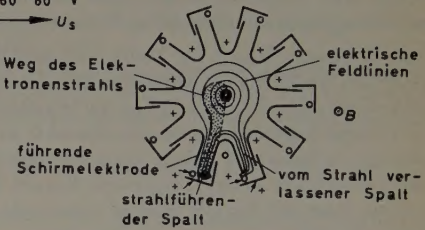


Bild 2.  $I_s-U_s$ -Kennlinie für die Schirmelektroden der Elektronenstrahl-Schaltröhre 6700 von Burroughs

Bild 3. Zur Arbeitsweise der Elektronenstrahl-Schaltröhre



nahezu auf Katodenpotential liegt. Aus den drei Schnittpunkten  $A$ ,  $B$  und  $C$  der Schirmelektroden-Serienwiderstandskennlinie mit der Schirmelektrodenkennlinie ist der Einfluß der fallenden Kennlinie zu ersehen. Der Punkt  $B$  ist also unstabil, und wenn die Spannung an einer Schirmelektrode verringert wird, so wird sich nach Beginn eines ausreichenden Stromflusses das Potential dieses Schirmes weiter erniedrigen und diesen nahe gegen Null oder Katodenpotential bringen (Punkt  $C$ ). Damit kann das elektrische Feld noch weiter in die Zwischenräume zu beiden Seiten des Schirmes eindringen (Bild 3). Der Elektronenstrom gelangt dann auf die Auffängerelektrode, wobei die Seite (links oder rechts der betrachteten Schirmelektrode) wie überhaupt der Drehsinn der Fortschaltung bei einer solchen Trochotronröhre von der Richtung des Magnetfeldes  $B$  abhängt. Umgekehrtes Aufstecken des Dauermagneten würde den Drehsinn umkehren. Es handelt sich also um eine Stromverteilungssteuerung, bei der der Schirmelektrodenstrom  $I_s$  zu einem in Zählrichtung folgenden Schirm und der Auffängerstrom  $I_a$  zum vorhergehenden „Schaltpfad“ gehören. Nach Herabsetzen der Schirmspannung am jeweils folgenden Schirm geht der Strom vom vorhergehenden Auffänger über, teilweise zum folgenden Schirm und dann weiter zur folgenden Auffängerelektrode. Im Bild 4 ist das Prinzipschaltbild einer normalen Betriebsschaltung für eine Elektronenstrahl-Schaltröhre 6700 gezeigt. Durch kurzzeitiges Schließen des Schalters  $S$  wird bei Inbetriebnahme der Strahl zur „0“-Elektrode gelenkt. Die Gitter liegen an einer festen Vorspannung (Spannungsteiler  $R1$ ,  $R2$ ) und über eine Impulsformerschaltung an der Wechsellspannung, deren Frequenz gezählt werden soll. Da die Gittervorspannung aus der Betriebsspannung für die

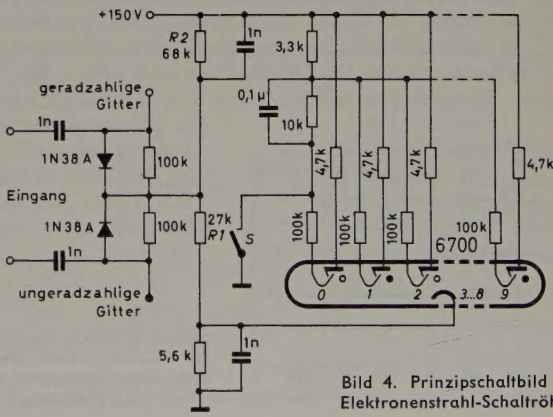


Bild 4. Prinzipschaltbild für die Elektronenstrahl-Schaltröhre 6700



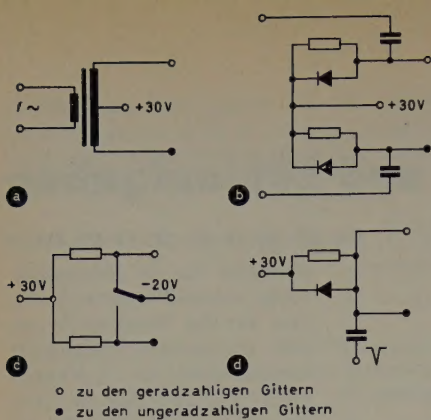


Bild 5. Verschiedene Eingangsschaltungen für Elektronenstrahl-Schalt-Röhren; a) für sinusförmige Wechselspannungen, b) Flip-Flop-Eingang, c) für Zählung durch Umschalten, d) für Zählung von Einzelimpulsen

Schirmelektroden über einen festen Spannungsteiler gewonnen wird, ist stabiles Arbeiten auch bei größeren Betriebsspannungsschwankungen gewährleistet. Wegen der Zusammenfassung der ungeradzahlgigen und der geradzahlgigen Gitter innerhalb der Röhre ist auch der Aufbau symmetrischer Eingangsschaltungen als Binär-Eingang für Flip-Flop- oder Gegentaktschaltungen möglich. Bild 5 zeigt Eingangsschaltungen, deren elektrische Werte für die Röhre 6700 gelten.

Die Weiterschaltung des Elektronenstrahls von Schirm zu Schirm oder von Auffänger zu Auffänger ist auch ohne Gitter durchaus möglich, wenn man die Spannung an der jeweils folgenden Schirmelektrode mit einem kurzzeitigen Impuls absenkt, so daß der Strahl auf diese übergehen kann und sodann einen Stromfluß zu der zugehörigen Auffängerelektrode bewirkt. Irgendein Vorteil wäre damit noch nicht erreicht, denn der Impuls muß ja immer auf diejenige Entladestrecke gegeben werden, die umgeschaltet werden soll. Die umzuschaltenden Strecken (Leitungen) müssen aber von den Impulsleitungen getrennt sein oder anders ausgedrückt, die auf einer einzelnen Impulsleitung ankommenden und zu zählenden Impulse müssen von der Schalt- röhre nacheinander auf die einzelnen Entlade-(Schalt-)Strecken verteilt werden. Das geschieht in diesen Röhren mit den Gittern. Bei kurzzeitigem Beaufschlagen der Gitter mit einer negativen Spannung geht ein Teil des Entladungsstromes von der zu verlassenden Auffängerelektrode zur folgenden Schirmelektrode (siehe Bild 3) über, bringt diese etwa auf Katodenpotential (siehe Bild 2) und gibt somit die Entladung zur folgenden Auffängerelektrode weiter.

Bild 6 zeigt das  $I_a-U_a$ -Kennlinienfeld für den Auffänger-(Anoden-)Strom mit der Schirmelektroden-Spannung  $U_s$  als Parameter. Dieser einen Ausgangswiderstand durchfließende und mit der Schirm-Spannung steuerbare Auffängerstrom ist an jedem einzelnen Auffängerelektroden-Ausgang wirksam, wobei keine Beeinflussung der zehn Auffänger gegeneinander auftritt. Etwa 15% des Strahlstromes werden ständig von der Schirmelektrode zum Ablenken des Strahles (Halten des Schirmes auf etwa Katodenpotential) benötigt, während die restlichen 85% als durchsteuerbarer Bereich für elektronische Schaltzwecke verwendbar sind. Die Spannung an den Auffängerelektroden kann zwecks Erlangung höherer Ausgangsströme auch höher als die an den Schirmen sein. Beispielsweise ist dann für die Röhre 6700 die Ausgangsschaltung für  $U_a = 300$  V mit  $R_a = 37$  k $\Omega$  zu bemessen.

Es ist eine Anzahl verschiedenartiger Elektronenstrahl-Schalt-Röhren lieferbar, deren einzelne Typen sich insbesondere durch verschiedene Abmessungen, Betriebsspannungen und -ströme sowie durch verschiedene Zählgeschwindigkeiten unterscheiden. So gibt es beispielsweise die Röhre 6701 für nur etwa 20 V Betriebsspannung, so daß diese Röhre sowohl als Ersatz für kompliziertere Transistor-Zähleinheiten als auch in Verbindung mit Transistoren in Frage kommt. Die Zählfrequenz geht bei allen Röhren von 0 bis über 1 oder 2 MHz und bei der Hochgeschwindigkeits-Röhre MO-10 R bis über 10 MHz.

Als „Verbraucher“-Widerstände in der Auffängerleitung sind auch Relais (etwa 5 k $\Omega$ , 5 mA) geeignet, wobei parallel hierzu Kondensatoren von 0,25  $\mu$ F oder Gleichrichter geschaltet werden sollten, um induktives Überspringen zu verhindern. Auch lassen sich parallel zu den Schirm- oder Auffänger-Serienwiderständen zur optischen Anzeige von Zählergebnissen einzelne Glimmlämpchen mit individuellem Vorwiderstand einfügen. Mit Vorteil werden Nixie-Ziffernanzeiger-Röhren in Verbindung mit Elektronenstrahl-Schalt-Röhren verwendet, und es sind komplette Steckeinheiten hiermit als Zähldekaden lieferbar, zum Beispiel Typ „DC-102“ mit BD-300-Strahl-Schalt-Röhre und BD-302-Ziffernanzeiger-Röhre für bis zu 100 kHz Zählfrequenz. Bild 7 zeigt das komplette Schaltbild einer solchen Zähldekade mit Nixie-Ziffernanzeiger-Röhre und der Weitergabeschaltung an eine nachfolgende Dekade.

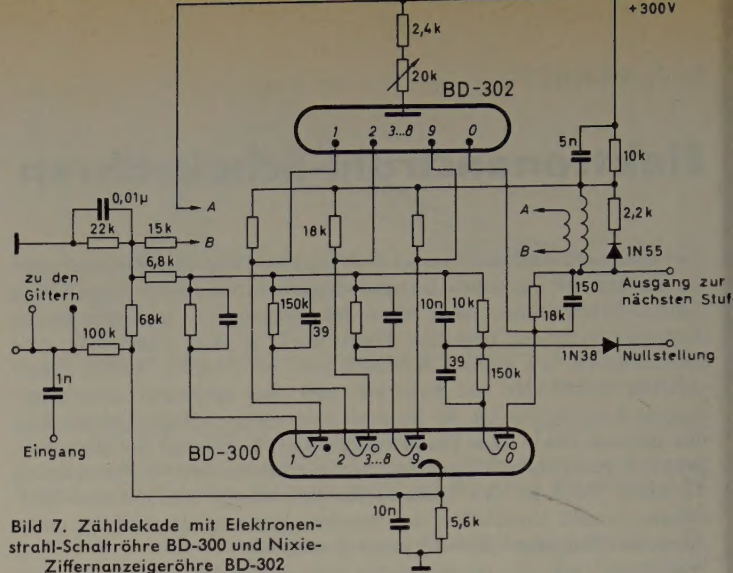


Bild 7. Zähldekade mit Elektronenstrahl-Schalt-Röhre BD-300 und Nixie-Ziffernanzeiger-Röhre BD-302

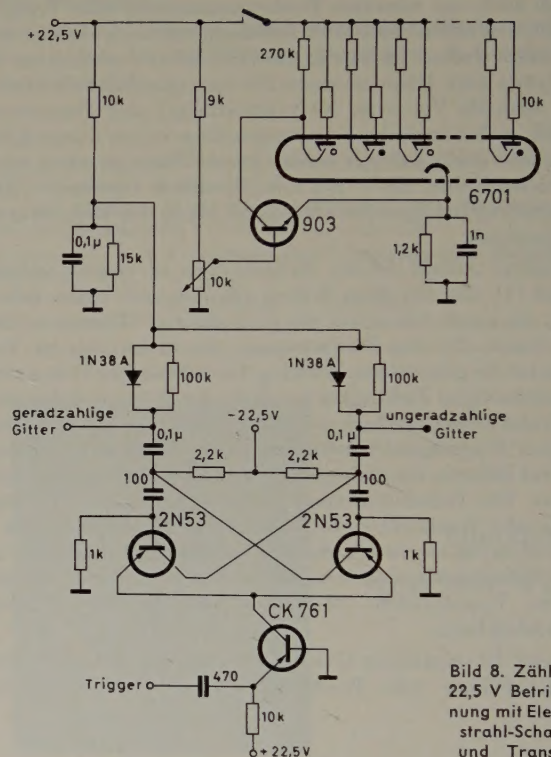


Bild 8. Zählstufe für 22,5 V Betriebsspannung mit Elektronenstrahl-Schalt-Röhre und Transistoren

satoren von 0,25  $\mu$ F oder Gleichrichter geschaltet werden sollten, um induktives Überspringen zu verhindern. Auch lassen sich parallel zu den Schirm- oder Auffänger-Serienwiderständen zur optischen Anzeige von Zählergebnissen einzelne Glimmlämpchen mit individuellem Vorwiderstand einfügen. Mit Vorteil werden Nixie-Ziffernanzeiger-Röhren in Verbindung mit Elektronenstrahl-Schalt-Röhren verwendet, und es sind komplette Steckeinheiten hiermit als Zähldekaden lieferbar, zum Beispiel Typ „DC-102“ mit BD-300-Strahl-Schalt-Röhre und BD-302-Ziffernanzeiger-Röhre für bis zu 100 kHz Zählfrequenz. Bild 7 zeigt das komplette Schaltbild einer solchen Zähldekade mit Nixie-Ziffernanzeiger-Röhre und der Weitergabeschaltung an eine nachfolgende Dekade.

Bild 8 zeigt das Schaltbild für eine mit Transistoren und der Nieder-volt-Elektronenstrahl-Schalt-Röhre 6701 bestückte Zähldekade für nur 22,5 V Betriebsspannung. Mit dieser Zähl- und Verteildekade können Zählfrequenzen bis zu über 1 MHz verarbeitet werden. Der Transistor 903 besorgt hierbei die automatische Nulleinstellung.

#### Schrifttum

- [1] Prospekt über Burroughs-Röhren (deutsche Vertretung: A. Neye, Enatechnik)
- [2] Rentsch, W.: Koaxial-Trochotron. Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik Bd. 65 (1956) Nr. 2, S. 68–72

(eingegangen am 12. März 1959)

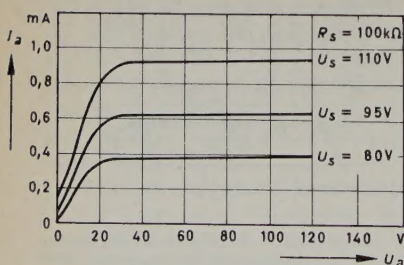


Bild 6.  $I_a-U_a$ -Kennlinienfeld für die Auffängerelektroden mit Schirmelektroden-Spannung  $U_s$  als Parameter



F. WINCKEL

# Hochschul-Universal-Mischpult für Experimentierzwecke<sup>1)</sup>

DK 681.84.087.7:001.5

Das Kernstück aller Speicher- und Reproduktionsverfahren für Ton und Bild ist das Mischpult, weil es alle Manipulationen durchzuführen gestattet, die zu einer hochwertigen Abbildung des Ton- oder Bildoriginals führen oder aber zu Abbildungen mit Effekttretuschen. Im folgenden soll lediglich von der Tonaufnahme die Rede sein.

Hauptaufgaben sind deshalb — abgesehen von der regelbaren Verstärkung — sowohl Entzerren der technisch bedingten Abbildungsfehler als auch absichtliches Verzerren zu vom Original abweichenden „Gebilden“ oder sogar zu neuen „Gestalten“.

Es steht hier also der „Misch“-Vorgang gar nicht so sehr im Vordergrund. Auch dann ist er nur von untergeordneter Bedeutung, wenn die Aufgabe besteht, die Modulation von etwa drei Mikrofonen einer Orchesteraufnahme in einem Kanal zu vereinen. Man spricht daher auch vom „Aufnahmepult“ oder vom „Regiepult“ und behält den Begriff „Mischpult“ eigentlichen Mischeinrichtungen vor.

Die Herstellung des endgültigen Klangbildes ist weitgehend Geschmacksache und wird daher vielfach künstlerischen Kräften überlassen, die nur in seltenen Fällen technisch geschult sind, um die elektroakustischen Wandlungsprozesse stets wesensgemäß anzuwenden. Der Tonmeister mit seiner umfassenden technischen und musikalischen Ausbildung ist immer noch nicht an den einschlägigen Produktionsstellen zur Selbstverständlichkeit geworden. Für den Entwurf eines Aufnahmepultes besteht daher als erste Forderung, es so übersichtlich und zweckentsprechend aufzubauen, daß der zur Bedienung bestellte Nichttechniker sich schnell einarbeiten kann und im Produktionsablauf höchste Betriebssicherheit und zeitsparendes Arbeiten gewährleistet sind, da die Produktionskosten je Stunde infolge der Künstler-Gagen außerordentlich hoch sind. Wegen häufiger Laienbedienung soll der Aufwand für die Wartung minimal sein. Der technische Umfang von Mischpulten ist in den letzten Jahren in allen Sparten erschreckend angestiegen, da einerseits infolge der stereophonischen Verfahren, andererseits wegen der Effekt-Tanzmusik die Anzahl der Kanäle für getrennte Modulationsaufzeichnung sich vervielfacht hat. In Erinnerung ist noch die Demonstration des *Riva*-Mischpultes im Jahre 1954 mit 14 Eingängen und vier Kanälen, damals als monströs, heute als nicht mehr ungewöhnlich angesehen.

## 1. Anwendungsbereich

Weil die Herstellungskosten für Mischpulte immer mehr anwachsen, drängt sich die Frage auf, ob man nicht für die verschiedenen Sparten Rundfunk, Film, Schallplatte, Fernsehen und Theater ein einheitliches normgerechtes Pult entwickeln kann, um von der Einzelfertigung zu einem billigeren Serienmuster zu gelangen. Da der Rundfunk die Originalüber-

tragung immer stärker eingeschränkt hat, dient auch bei ihm das Aufnahmepult in erster Linie zur Produktion von Schallträgern, so daß auf Funkschutzschaltungen keine Rücksicht mehr zu nehmen ist. Die Unterschiede in den einzelnen Sparten liegen darin, daß der Rundfunk einen einkanaligen Schallträger, die Schallplatte einen zweikanaligen mit kompatibler Möglichkeit und der Film einen dreikanaligen oder vierkanaligen Schallträger (mit Effektspur) liefert, wobei allerdings der einkanalige Ton für die Einspur-Lichttonkopie immer noch nicht verschwunden ist. Gemeinsame operative Forderungen für alle Sparten bestehen heute darin, daß

- 1) mindestens acht Mikrofonkanäle für Orchesteraufnahmen zur Verfügung stehen müssen [1],
- 2) bei der heute weitgehend verwendeten getrennten Mehrspur-Aufzeichnung mindestens vier Spuren zur Verarbeitung der Quellen verlangt werden, auf die über einen Verteiler die mehrfachen Quellen aufschaltbar sein müssen,
- 3) eine Überblendung von Mono- auf Poly-Mikrofonie möglich sein muß, und
- 4) ist es wünschenswert, daß mehrere Mikrofonkanäle getrennt verhallbar sind. Dabei sollen die Hallkanäle eigene Entzerrer-Möglichkeiten haben.

Die Qualitätsanforderungen sind für alle Sparten gleich, weil die Uraufzeichnung in jedem Falle auf Magnetband stattfindet. Man sollte daher annehmen, daß bei der Gleichartigkeit der genannten Anforderungen die Voraussetzungen bestehen, um ein Standardmodell des Aufnahmepultes für alle Zwecke einführen zu können. Wenn darauf schon früher einmal hingewiesen wurde [2], so sind dennoch bis heute kaum Konsequenzen daraus gezogen worden, denn die Pulte der einzelnen Sparten unterscheiden sich bereits äußerlich beträchtlich, es ist sogar der Ehrgeiz jedes Produktionsstudios, dem Pult eine eigene Note zu geben und gewisse Spezialforderungen zu erfüllen. Daher ist zunächst zu untersuchen, wie sich die Betriebsweise in den einzelnen Sparten unterscheidet und welche besonderen technischen Belange in der Produktion jeweils zu berücksichtigen sind.

Im einkanaligen Rundfunk gilt bei der Übertragung von Symphoniekonzerten das Prinzip, mit möglichst wenig Mikrofonen auszukommen und so wenig wie möglich von Entzerrungen Gebrauch zu machen, wenn nur die oben angegebenen optimalen Daten eingehalten werden. Ganz im Gegenteil ist man bei der Tanzmusik darauf bedacht, jede einzelne Stimme auf Hochglanz zu bringen und von akustischen Effekten reichlich Gebrauch zu machen. Nach Möglichkeit zeichnet man einzelne Instrumente oder Instrumentengruppen getrennt auf, das heißt, mehrere Mikrofone werden über mehrere Kanäle auf mehrere Spuren von Magnettongeräten geschaltet. Unabhängig davon erfolgt der Mischprozeß mit der Aufzeichnung auf ein Einspur-Band. Für die Aufnahme muß jeder Kanal mit

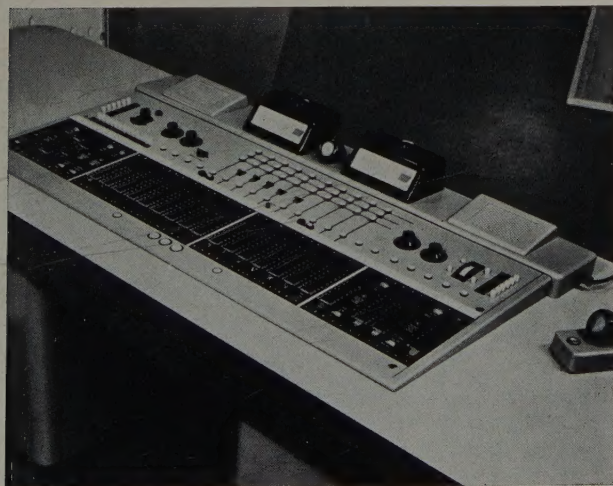


Bild 1. Zweikanal-Mischpult des SFB (Bauart ENB)

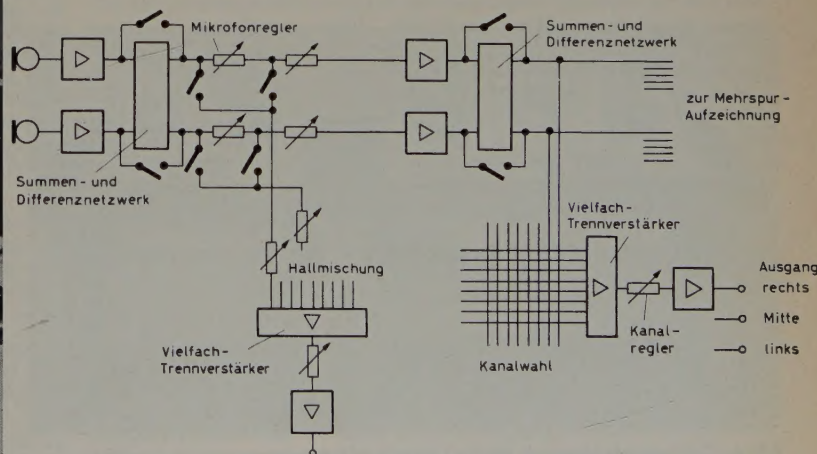


Bild 2. Mischschaltung für Schallplatten-Stereo-Aufnahmen (Teldec)



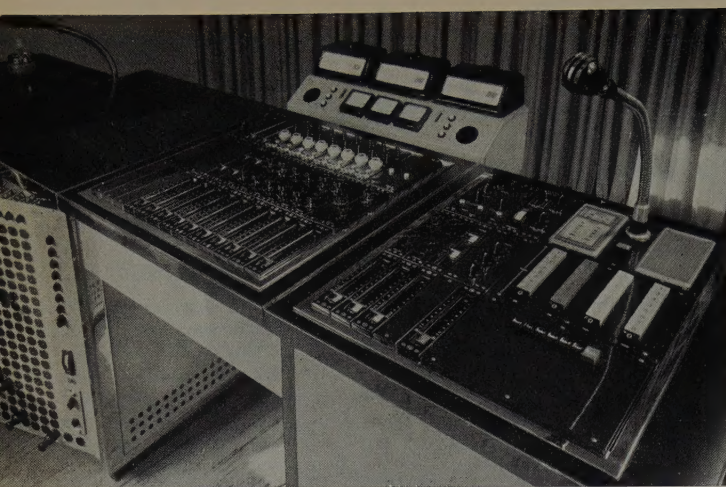


Bild 3. Mischpult der Teldec nach Bild 2; am Mitteltisch, von unten nach oben: Kanalregler, Entzerrer, Hallmischung, Summen- und Differenzbildner, Begrenzer-anzeige, Aussteueranzeige; rechter Tisch: Summenregler, Summenentzerrer, Abhöreinrichtung mit Stereo- und Balanceregler; ganz rechts: Kanalwahltafeln

diversen Verzerrer- und Hall-Abzweigungen sowie ähnlichen Effekt-Bearbeitungsgeräten, auch im Hinblick auf das Hörspiel, versehen sein. Bild 1 zeigt die Ansicht eines Zweikanal-Mischpultes des SFB. Vier- und Achtpur-Magnettongeräte stehen heute seitens der Industrie zur Verfügung.

Bei der Schallplatte liegen zwar die Forderungen bezüglich ernster Musik und Tanzmusik ähnlich, jedoch kommt hier die Forderung nach Stereophonie noch hinzu. Entsprechend der Eigenart der Aufnahmeverfahren, nämlich das Stereo-Klangbild zum Beispiel aus einer Nieren- und einer Achtercharakteristik zu gewinnen [3, 4], ist im Mischpult ein Netzwerk für Summen- und Differenzbildung eingebaut (Bild 2). Erfolgt die Aufnahme mit zwei gekreuzten Achtercharakteristiken (X-Y-Stereophonie), so bewirkt das erste Summen- und Differenznetzwerk eine Umwandlung in Achter- und Nierencharakteristik, das zweite Summen- und Differenznetzwerk eine Umwandlung in die übliche stereophonische AB-Wiedergabe. Der Mikrofonregler bestimmt die Amplitude (M-Kanal), der Regler im anderen (S-)Kanal die Basisbreite. Als Novum ist in dem Mehrkanal-Schaltbild noch zu erkennen, daß die Vielfach-Trennverstärker als „elektronische Sammelschiene“ ausgeführt sind, das heißt, daß jedem Knotenpunkt der auflaufenden Kanäle ein Verstärker zugeordnet ist, der die Grunddämpfung des Verteilers kompensiert. Es handelt sich dabei um vier Doppeltrioden, die acht entkoppelte Eingänge ergeben und anodenseitig zusammengefaßt werden. Bisweilen kommt noch ein Mitten- oder Solistenmikrofon hinzu, dessen Modulation über eine Brückenschaltung auf beide Kanäle eingespeist wird.

Die Forderungen der Kompatibilität bereiten aufnahmetechnisch einige Schwierigkeiten, da bei der Stereo-Aufnahme der Mikrofonabstand von der Quelle etwas größer sein darf, nicht aber bei der einkanaligen Verwendung. Es ist daher ein Kompromiß zu schließen, und die Aufnahmen sind nachträglich noch zu verhallen und entsprechend zu entzerren. Ein Universalentzerrer muß die Möglichkeit der Höhen- und Tiefenanhebung und -absenkung haben, ferner der Mittendrehung der Kennlinie und

schließlich noch der Anhebung oder Absenkung bestimmter Frequenzgebiete gemäß der Funktion eines Präsenz- beziehungsweise Absenzfilters. Außerdem ist die Einführung von Begrenzerverstärkern nicht mehr zu umgehen, und zwar in dem Maße, wie die Anlagen wachsen und bedienungsmäßig kaum noch vollständig zu übersehen sind. Weiter hat der Universalentzerrer die wichtige Aufgabe, für Schnulzensänger, die nur einen oder zwei Töne der Tonleiter zur Vollaussteuerung zu bringen vermögen, die übrigen Töne auf den Bezugspegel anzuheben, denn bei diesen Aufnahmen wird permanente Lautheit gewünscht. Bild 3 zeigt ein Spezialpult für Schallplattenaufnahmen mit acht Kanälen, die zu je einem Paar oder zwei Paaren und zusätzlichen Einzelmikrofon-Bespielungen geschaltet werden können.

Für den Filmtone werden die Anlagen noch viel umfangreicher, da beim CinemaScope-Verfahren in der Aufnahme  $2 \times 3$  und in der Mischung  $2 \times 4$  Kanäle vorhanden sein müssen (Dreikanal-Stereophonie mit einem Effektkanal). Dazu kommen noch die Eigenarten der Tonträgerumschaltung, nämlich die Aufnahme auf dem gewöhnlichen 6-mm-Tonband („Schnürsenkel“), die Rückspiegelung auf perforiertes Tonband zum Zweck der Synchronisierung mit dem Bild und schließlich die Umspielung auf Lichtton. Als weitere Eigenart hat sich eingebürgert, daß Sprache, Musik und Geräusche getrennt aufgenommen werden, so daß schließlich ein „Sprachband“, ein „Musikband“ und ein „Geräuschband“ miteinander zu mischen sind. Das ergibt im CinemaScope-Verfahren das Zusammenspielen von zwölf Tonbändern.

Ein weiteres Merkmal der Tonaufnahme im Film ist das Playback-Verfahren, das heißt das Einspielen von vorbereiteter Musik oder von Geräusch in die Spielszene, in der gesprochen oder gesungen wird.

Die Überwachung bei der Aufnahme und bei der Mischung im Filmbetrieb ist daher am schwierigsten und ist von einem Tonmeister allein nicht zu schaffen. Der Begrenzerverstärker wie auch der Entzerrer sind in dieser Sparte noch viel wichtiger, da der Film am stärksten auf Effekte angewiesen ist. Das ergibt sich auch aus der Filmhandlung, die größtenteils auf „Fahr-Aufnahmen“ aufgebaut ist und demnach ein Annähern und Entfernen des Tons erfordert. Der Film bedarf also der größten Lautdynamik als der akustischen Tiefenperspektive, jedoch ist gerade hier — beim Lichtton — dieses Problem am schlechtesten gelöst. Die Entzerrung ist im Film auch deswegen noch so bedeutungsvoll, weil stets nur kurze Takes aufgenommen werden und beim Zusammenkleben die Übergänge mit unterschiedlicher akustischer Atmosphäre und Überblendungen mit den Reglern vorgenommen werden müssen. Entzerrer mit Drehregler sind ebenfalls in Kassettenform ausgeführt.

Als weitere Spezialität wird bei der Filmaufnahme ein Aussteuerungsmesser verwendet, der sowohl den Mittelwert wie auch den Spitzenwert anzeigt. Diese Eigenart erklärt sich historisch aus der Herkunft vom Lichtton, der bei der Überschreitung von 100% Aussteuerung einen ziemlich plötzlichen Anstieg in der Kurve des Klirrfaktors hat. Gerade dieses Einsetzen zeigt der entsprechend justierte Momentanwertanzeiger an. Andererseits legt der Filmtechniker Wert auf den Mittelwertanzeiger, damit die einzelnen Takes mit dem gleichen durchschnittlichen Nutz- und Störpegel aufeinander abgestimmt werden können.

Dieser Mittelwertanzeiger ist nicht so aufwendig wie das schnell anzeigende Lichtzeigerinstrument nach Rundfunknorm (Ansprechzeit 10 ms für 90% vom Dauerausschlag), das vor allem in Hinsicht auf hochwertige Musikaufnahmen konstruiert ist. Ein Einheitsinstrument für alle Sparten wird erst dann aussichtsreich sein, wenn der Film den Lichtton aufgegeben hat. Bild 4 gibt die Ansicht eines nach dem Baukastenprinzip aufgebauten Mischpults für Filmtonaufnahmen wieder.

Die technischen Anforderungen für die Tonaufnahme beim Fernsehen sind ähnlich gelagert wie beim Film. Mit Rücksicht auf die Bildregie mit

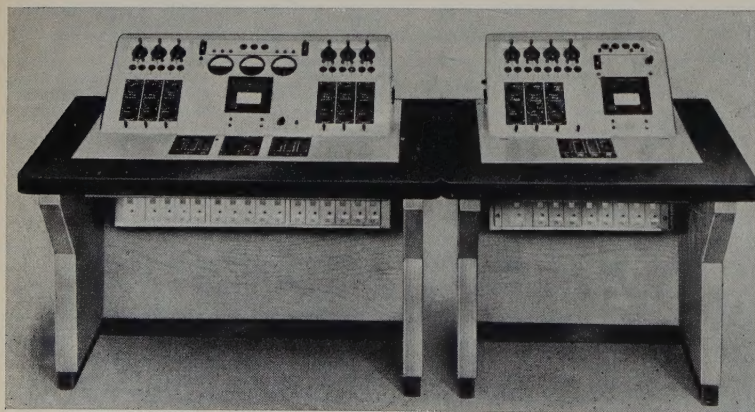


Bild 4. CinemaScope-Mischpult für  $2 \times 3$  Kanäle und Erweiterung nach dem Baukastenprinzip für  $4 \times$  Einkanal-Regelung (Bauart Klangfilm)

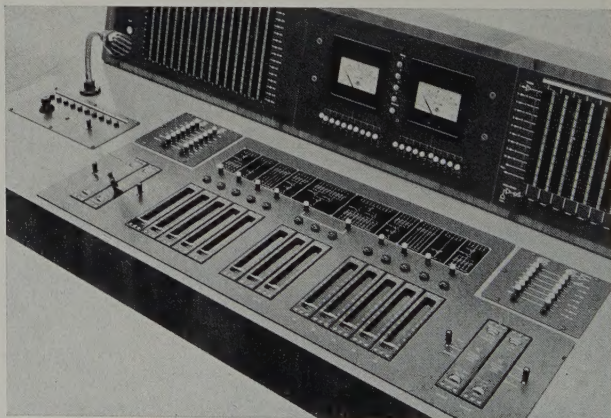


Bild 5. Regietisch der Kölner Oper (Werkfoto Siemens)



schnell wechselnden Szenen hat es sich als notwendig erwiesen, Tonkanäle beliebig und schnell belegen zu können. So hat sich auch hier aus wiederum anderen Gründen eine Mehrkanal-Technik mit noch mehr Kanälen eingeführt, zum Beispiel mit 15 Kanälen mit 24 Eingängen.

Für den Entwurf des Pegeldiagramms hat man mit etwa  $0,5 \mu\text{b}$  für Vollaussteuerung zu rechnen [5], da die Mikrofonabstände von den Schallquellen relativ groß sind, um das Bild nicht zu stören. Schließlich ist noch zu beachten, daß für Bewegungsszenen die Mikrofone am Galgen einem erhöhten Windrauschen ausgesetzt sind, weshalb der Mikrofonverstärker „V 76“ auf eine untere Grenzfrequenz von 120 Hz statt normal 80 Hz (für Rundfunkzwecke) umschaltbar ist.

Die höchsten Anforderungen werden an das Mischpult im Theater und in der Oper gestellt, weil auf die Szene eingespielte Stimmen zum Verwechseln ähnlich mit den gleichzeitigen oder folgenden echten Stimmen sein müssen. Auch werden Bühnenstimmen verstärkt, wenn sie aus der Versenkung kommen, oder verzerrt, um zum Beispiel einen Ferne-Eindruck zu geben. Es wechselt also Life-Wiedergabe mit Band- und Schallplattenwiedergabe ab. Wegen des beweglichen Szenenspiels müssen Mikrofon und Lautsprecher in größerer Anzahl überblendet und auch gefahren werden. Da eine Abhörkontrolle der raumakustischen Wirkung der Einspielung im Regieraum nicht möglich ist, erfolgt eine optische Kontrolle dergestalt, daß auf einem Positions-Leuchttabelleau sichtbar wird, ob die gewünschten Mikrofone und Lautsprecher tatsächlich in Betrieb sind [6]. Es sind daher besonders umfangreiche Verteiler notwendig. Auch die Bühne macht neuerdings von der Stereophonie Gebrauch, wodurch auch das Theatermischpult ein umfangreiches Bedienungsfeld benötigt (Bild 5).

Dieser kurze Überblick wird zur Genüge gezeigt haben, wie weit man auf Grund der divergierenden Forderungen von einem Einheits-Mischpult für alle Sparten noch entfernt ist. Immerhin ist dieses Ziel erreichbar, wenn man sich ihm auf dem Weg des Baukastenprinzips nähert. Erfreulicherweise hat der Film schon seit Jahren die Normverstärker des Rundfunks, voran den „V 72“, übernommen, womit auch die Abmessungen für Kassetten, Einschübe und Einschubträger nach einer Übergangszeit zum allgemeingültigen Normmaß werden können. Wenn dasselbe bisher für Installationselemente, wie Stecker, Buchsen, Klinken usw., noch nicht in vollem Umfange erreicht ist, so ist das daraus zu erklären, daß man im Rahmen des industriellen Wettbewerbs zu noch immer kleineren Abmessungen und Vereinfachungen gelangen möchte. Ist die Voraussetzung einheitlicher Bauelemente erst einmal gegeben, dann kann man daran gehen, Pultanordnungen in Baugruppen zusammenzusetzen. Für jeden Kanal gibt es eine gewisse Grundausstattung aus Vor-, Zwischen- und Endverstärker mit den dazugehörigen Reglern und Entzerrern, dem Netzgerät sowie der Abhörkontrolle und dem Aussteuerungsmesser, so daß im weiteren Ausbau über Trennklinken und Verteiler die zusätzlich erforderlichen Misch- und Entzerrerglieder noch eingefügt werden können.

## 2. Aufbau des TU-Mischpultes

Ausgehend von den obengenannten Überlegungen, hat man versucht, für den Lehr- und Forschungsbetrieb der Technischen Universität Berlin ein Aufnahme-, Wiedergabe- und Mischpult selbst zu entwickeln, teils aus dem Zwang heraus, mit dem Eigenbau die Kosten auf ein Minimum zu reduzieren, teils aus dem Gedanken heraus, spezielle Forderungen für Experimentierzwecke zu erfüllen.

Das seit  $1\frac{1}{2}$  Jahren im Bau befindliche Regiepult stellt die Gemeinschaftsarbeit eines studentischen Teams im Rahmen des Lehrgebiets Studio-technik dar, die sich auf die Planung, das vorbereitende Studium von Versuchsschaltungen, auf Messungen, Konstruktion, Bau und Zeichnungswesen bezieht<sup>2)</sup>. Wegen der nur geringen Mittel des Lehrmittelfonds wurden alle Geräte ziemlich aus den Urelementen selbst gebaut, insgesamt 33 Verstärker; auch das Gestell wurde selbst zusammengeschweißt, und entsprechende Blecharbeiten wurden selbst erledigt. Einige Geräte, wie beispielsweise Hörspielverzerrer und Aussteuerungsmesser, wurden als Studien- und Diplomarbeiten gebaut. Einen erheblichen Teil des erforderlichen Materials stellte die einschlägige Industrie zur Verfügung. Der Selbstbau hat zu manchen Verbesserungen in der bisherigen Schaltungstechnik geführt, und auch im mechanischen Aufbau konnten Vereinfachungen vorgeschlagen werden, die vielleicht der Fachwelt Anregungen geben. Das Mischpult sollte dabei auch den Richtlinien der Rundfunknorm und dem heutigen Qualitätsstand entsprechen.

Wie Bild 6 zeigt, wurde angestrebt, das Baukastenprinzip einzuhalten, alle Teile mit Normabmessungen auswechselbar zu machen und Reserven für Einschübe vorzusehen, die zum Einbau von Laborgeräten, Meßgeräten, beliebigen Industrieverstärkern und dergleichen geeignet sind, um mittels des Pultnetzwerks Versuche möglichst universell durchführen zu können.

Gerade jetzt macht die Industrie Anstrengungen, Eingänge und Ausgänge von Meßgeräten auf einen Normpegel abzustellen — allerdings auf 1 V, und nicht auf 1,55 V, wie in der Studioteknik üblich. Aber vielleicht läßt

sich da noch eine Verständigung erreichen. Als Beispiele sind zu nennen: Endstufen von Oszillografen und Registriergeräten, Meßverstärker, Elektrometer usw. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik war die Planung für ein Vierkanal-Pult auszulegen, um Zwei- und Dreikanal-Stereophonie sowie Mischungen von getrennt bearbeiteten Kanälen durchführen und eventuell auch zwei Programme gleichzeitig fahren zu können. Schließlich soll dieses Pult auch noch Montagen für elektronische Musik und Raummusik ermöglichen sowie der Meß- und Experimentiertechnik dienen. Insgesamt sind 11 Eingänge vorhanden,  $2 \times 3$  Mikrofone zusammengefaßt, Platte und Magnetton in Stereo-Ausführung, wie aus Bild 7 ersichtlich. Ausgangsseitig sind 7 Endverstärker als Impedanzwandler angeordnet. Auf Kreuzschienenverteiler mußte aus Kostengründen verzichtet werden. Für die Kanalaufschaltung und die Ausgangsschaltung wurden Drucktasten mit je vier Umschaltkontakten und einem Arbeitskontakt gewählt, für die eine Betriebssicherheit von 100000 Schaltungen garantiert

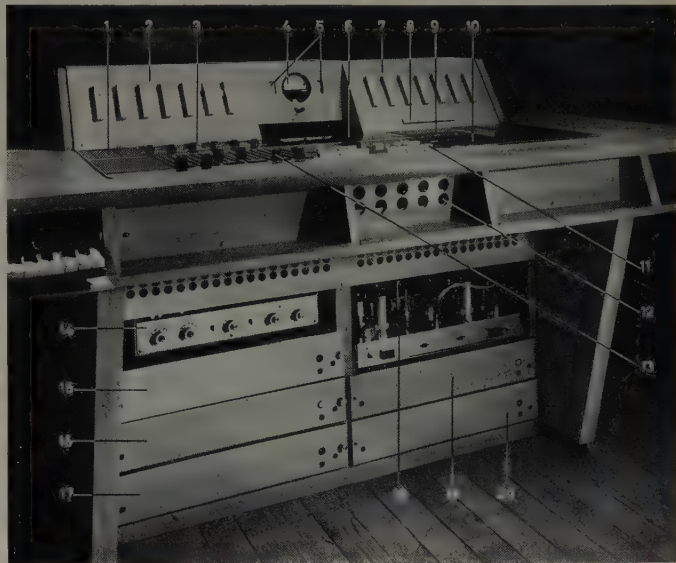


Bild 6. Vierkanal-Experimentier-Mischpult der TU Berlin; 1 Zwischenverstärker „ZV 1“, 2 Tastenfeld Eingangsverteiler, 3 Mikrofonverstärker, 4 Aussteuerungsmesser, 5 Kanalkontrolle (Magisches Auge), 6 Entzerrer „EV 2/6“, 7 Tastenfeld Ausgangsverteiler, 8 Tastensatz Abhörlaufstärke, 9 Zwischenverstärker „ZV 1“ und „ZV 2“, 10 Summenregler, 11 Tastenfeld Abhörkontrolle, 12 Trennklinken, 13 Mikrofonregler, 14 Raum für Labor- und Industriegeräte, 15 Netzgerät Aussteuerungsmesser, 16 Abhörverstärker „links“, 17 Netzgerät 1 und 3, 18 Verstärker Aussteuerungsmesser, 19 Abhörverstärker „rechts“, 20 Netzgerät 2 und 4

wird. Der Übergangswiderstand der Kontakte ist  $3 \dots 4 \text{ m}\Omega$ , die Kapazität  $0,5 \text{ pF}$ . Um die Verteiler bei wechselnder Durchgangsbelegung belastungsunabhängig zu machen, sind Ausgleichswiderstände vorhanden, die einen konstanten Pegel garantieren.

Auch die Kanalwahl für die Abhöreinrichtung vor und hinter Band erfolgt mittels Drucktasten. Schließlich ist auch noch die Lautstärkewahl für die Abhöreinrichtung in  $2 \times 8$  Stufen mit Drucktasten möglich. Gerade im Hinblick auf die Stereo-Wiedergabe ist eine für beide Kanäle definierte Lautstärkewahl angebracht.

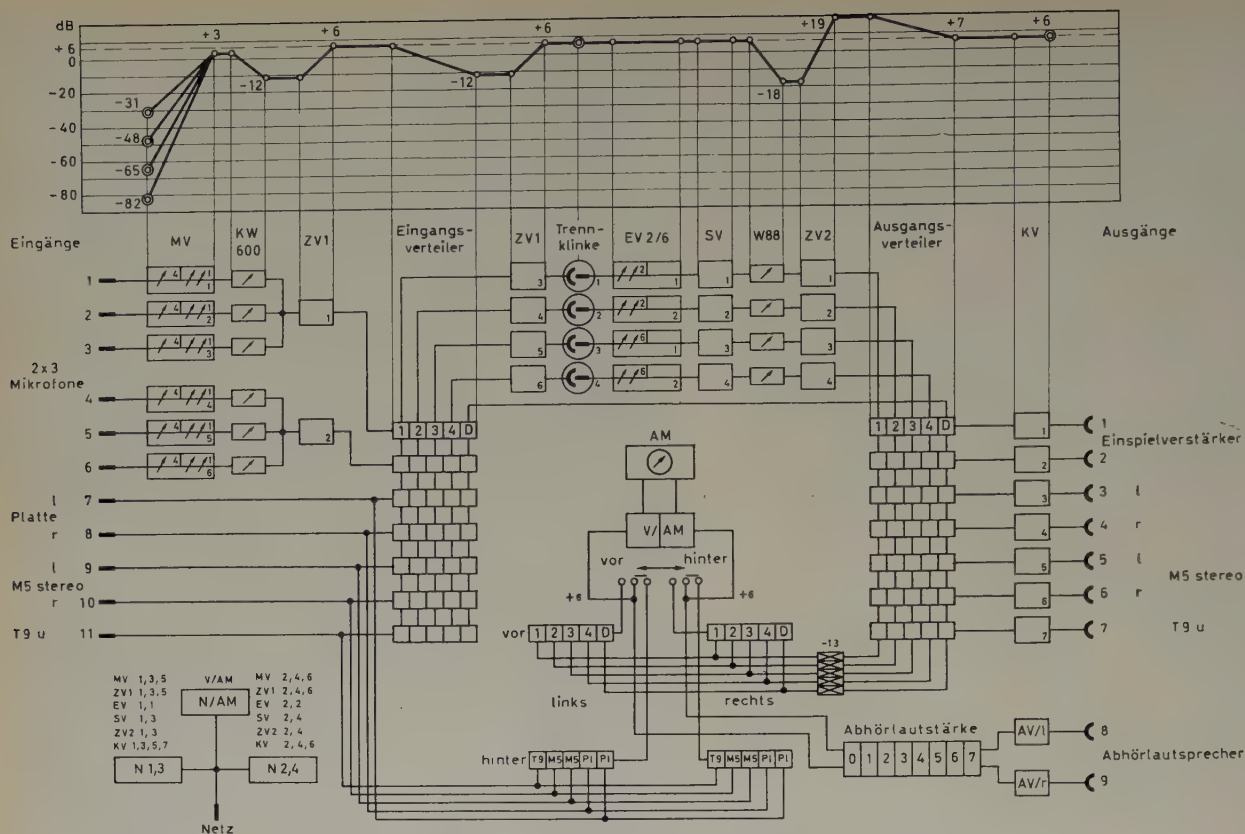
Für die Verstärker wurde eine erdunsymmetrische Schaltung mit Katodenverstärker-Ausgängen gewählt. Maßgebend hierfür waren die geringeren Kosten, aber zugleich die qualitativen Vorteile: geringe Verzerrungen infolge Gegenkopplung, guter Frequenz- und Phasengang im Tonfrequenzbereich, Fortfall der teuren Übertrager. Als Nachteil ist der hohe Stromverbrauch der Katodenverstärker zu nennen. Beim Verlegen der Erdleitung war im Hinblick auf Einstreuungen und Übersprechen erhöhte Sorgfalt aufzuwenden.

## 3. Mikrofonvorverstärker

Beim Entwurf des Eingangsverstärkers ging das Bestreben dahin, die Kassettennorm des „V 71“ oder des „V 72“ einzuhalten, im übrigen aber aus Vereinfachungsgründen zu einer höheren Verstärkung zu gelangen. Die im Rundfunk zuerst eingeführte „V 71“- und die „V 72“-Kette waren bei Normalreglerstellung und Vollaussteuerung für eine mittlere Eingangsspannung, zum Beispiel die eines Kondensatormikrofon mit einem Übertragungsmaß von  $1 \text{ mV}/\mu\text{b}$  und einem Quellwiderstand von  $200 \Omega$ , entsprechend einem Schalldruck von  $p = 3 \mu\text{b}$ , dimensioniert. Damit wird man aber der heute wieder häufiger gewordenen Verwendung verbesserter dynamischer Mikrofone nicht gerecht. Gerade in einem Experimentierstudio werden wechselnd beide Mikrofontypen laufend ein-

<sup>2)</sup> An dieser Stelle sei der Dank in erster Linie den Herren cand. ing. G. Giese, stud. ing. L. Grünau, ferner dem ständigen Mitarbeiter R. Bierwisch und für die letzten Hilfeleistungen cand. ing. G. Meinike und cand. ing. M. Krause ausgesprochen.





gesetzt. Legt man ein dynamisches Mikrofon mit einem Übertragungsmaß von  $0,2 \text{ mV}/\mu\text{b}$  zugrunde, so erhält man beispielsweise bei einem Mikrofonpegel von  $0,1 \text{ mV}$  einen Eingangspegel von  $-78 \text{ dB}$ , der mit einer Verstärkung von  $84 \text{ dB}$  auf Vollaussteuerung von  $+6 \text{ dB}$  zu bringen ist. Rechnet man mit den äußersten Grenzen, zum Beispiel bei Trompeten mit  $110 \text{ Phon}$ , die mit einem Kondensatormikrofon eine Spitzenspannung von  $-14 \text{ dB}$  ergeben, und der Mindestlautstärke von  $30 \text{ Phon}$ , die bei einem dynamischen Mikrofon eine Spannung von  $-126 \text{ dB}$  liefert, so resultiert daraus ein zu verarbeitender Dynamikumfang von  $112 \text{ dB}$ . Aus diesen Gründen schien die Wahl eines Verstärkers mit höherem Verstärkungsgrad ratsam, zumal der jeweils erforderliche Arbeitsbereich durch eine in Stufen einstellbare Vordämpfung optimal vorbestimmt werden kann (Bild 8).

Bei den schon 1957 angestellten Vorüberlegungen zum TU-Mischpult waren die Konstruktionen des „V 76“ und des „V 77“ als Ersatz des „V 72“ noch nicht bekannt gewesen. Als Anregung diente der entsprechende österreichische Verstärker von *Siemens-Austria* mit einer Verstärkung von 70 dB in Stufen von je 5 dB mit eingebautem Rumpelfilter, einem höheren Geräuschabstand als beim „V 72“ und Verzicht auf ein eingebautes Netzgerät.

In der Betriebsweise eines einzelnen Hochschulstudios schien es gerechtfertigt, zentrale Netzgeräte anzuordnen, da eine Austauschbarkeit von Verstärkern nur innerhalb des einen Mischpultes verlangt wird. Der Entwurf wurde für eine maximale Verstärkung von 85 dB mit einer maximalen Ausgangsspannung von etwa +25 dB ausgelegt. Die Grobregelung erfolgt mit Hilfe einer schaltbaren Gegenkopplung in Stufen von je 17 dB, so daß folgende Einstellungen möglich sind: 85, 68, 51 und 34 dB.

Zur Schaltung des Verstärkers ist zu bemerken, daß auf Pentoden, wie sie im „V7“ verwendet werden, verzichtet und dann auf Trioden zurückgegriffen wurde, da sie — infolge Fortfalls des Stromverteilungsrauschens — eine geringere Rauschspannung haben. Von der Kaskodenschaltung

— entsprechend dem Verstärker der *Siemens-Austria* — wurde kein Gebrauch gemacht, da eigene orientierende Messungen keine Verbesserung der Rauschspannung brachten, die Verstärkung bei Verwendung der ECC 83 kaum höher als bei einem Einzelsystem war und der mit der Kaskodenschaltung erreichbare hohe Innenwiderstand kaum Vorteile bietet.

Zur Ausführung kam daher eine Schaltung nach Bild 9 mit zwei *RC*-gekoppelten Triodensystemen und einer EC 92 als Katodenverstärker. Mit einem Ausgangswiderstand von  $180\ \Omega$  ist die Anpassung an den folgenden *Danner*-Regler „KW 600“ mit  $600\ \Omega$  gegeben. Diese wohl am wenigsten aufwendige und doch hochwertige Schaltung mit einem Eingangsübertrager, dessen Übersetzungsverhältnis 1:30 ist, hat eine so hohe Verstärkungsreserve, daß eine starke Gegenkopplung möglich ist, die — abgesehen von der Vorregelung — die Stabilität des Verstärkers verbessert. Es wurde Stromgegenkopplung gewählt, wodurch bei sehr hohen Gegenkopplungswerten der umschaltbaren Katodenwiderstände Phasendrehungen im interessierenden Frequenzbereich vermieden werden.

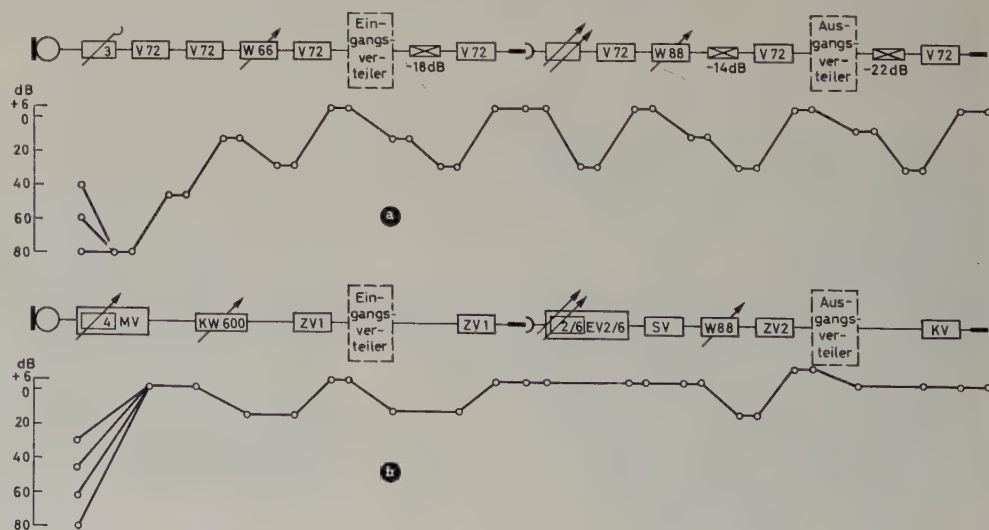


Bild 8. Pegeldiagramm für a) Verstärkerzug mit „V 72“-Verstärkern, b) Verstärkerzug mit Selbstbau-Verstärkern



Für die Stufe mit 34 dB Verstärkung ist noch ein Spannungsteiler mit einem Teilverhältnis von 1:3 zwischen der ersten und der zweiten Stufe angeordnet, um ein Übersteuern zu verhindern. Außerdem wurde noch ein zweiter kontinuierlicher Regler vor der Katodenverstärkerstufe angebracht, der es gestattet, bei stereophonischen Aufnahmen unterschiedliche Mikrofonempfindlichkeiten auszugleichen (Schlitzknopf). Um ein versehentlich vollständiges Zudrehen des Reglers unmöglich zu machen, das zu Betriebsstörungen Anlaß geben könnte, wurde der Fußpunkt des Reglers über einen Widerstand geerdet.

Weiterhin ist es in der Aufnahmetechnik oft erwünscht, sehr tiefe Tonfrequenzen zu unterdrücken, die sonst zu starken Störungen führen könnten (Tritte, Wind, Luftgeräusche usw.). Hierzu gibt es in der Studioteknik sogenannte Trittschallfilter. Das sind Hochpässe in LC-Schaltung, die meist umschaltbare Grenzfrequenzen zwischen 50 und 150 Hz haben und die sich in einer Einschubkassette von der Größe eines „V 72“ befinden. Da diese Geräte einen ziemlich großen Aufwand an Einzelteilen, Gewicht und Größe darstellen, wurde versucht, eine vereinfachte Form eines Trittschallfilters zu finden, das bei genügend steiler Flanke technisch und räumlich weniger aufwendig ist. Wegen der geforderten Flankensteilheit war eine LC-Schaltung notwendig. Als L bot sich nun die Primärinduktivität des Eingangsübertragers an. Schaltet man mit ihr einen Kondensator C in Reihe, so entsteht ein Serienresonanzkreis, der unter Zuschaltung eines Dämpfungswiderstandes zu der gewünschten Kurvenform führt.

Da hier der Eingang symmetrisch ist, wurde je ein Kondensator von der Größe  $2C$  in je einen Zweig der Leitung geschaltet. Die Kondensatoren können durch einen zweipoligen Schalter kurzgeschlossen werden, so daß sich in dieser Schalterstellung ein geradliniger Frequenzgang ergibt. Mit dieser einfachen Schaltung wurde eine Flankensteilheit von 13 dB je Oktave erreicht. Die Grenzfrequenz wurde fest auf 90 Hz eingestellt. Ob das ein optimaler Wert ist, müssen die Aufnahmeerfahrungen erst zeigen.

Die Stromversorgung erfolgt aus zwei gemeinsamen Netzteilen, die je eine Hälfte aller Vorverstärker speisen. Die Heizung wurde vorsichtshalber als Gleichstromheizung ausgeführt, wobei alle Heizfäden eines Verstärkers mit einer Anzeigelampe in Serie geschaltet wurden, so daß sich eine Heizspannung von 24 V bei einem Strom von 150 mA ergibt.

Als Ausgang hat der Mikrofonvorverstärker eine Katodenverstärkerstufe mit einer EC 92 und etwa 180  $\Omega$  Ausgangswiderstand. Zur gleichstrommäßigen Entkopplung sind die Mikrofonvorverstärker mit einer Siebschaltung für die Anodenspannung ausgerüstet worden. Der Frequenzgang geht aus Bild 10 hervor. Der Einbau erfolgte in eine Kassette des „V 71“. Auf die mechanische Verriegelung konnte verzichtet werden, wodurch der Platz der Frontplatte für die Anbringung der Regelknöpfe für die Verstärkung und des Schalters für das Trittschallfilter verfügbar wurde. Außerdem wurde eine Leuchtplatte angebracht, auf der die jeweilige Mikrofonposition, beispielsweise innerhalb eines Orchesters, mit Bleistift aufgezeichnet werden kann.

#### 4. Zwischenverstärker

Zum Pegelausgleich innerhalb des Pultes werden noch zwei Arten von Zwischenverstärkern verwendet („ZV 1“ und „ZV 2“). Der Typ „ZV 1“ ist ein kleiner Verstärker mit etwa 28 dB Verstärkung und dient als gemeinsamer Verstärker mit der Mischung für jeden Mikrofonhauptkanal und ferner als Trenn- und Ausgleichsverstärker hinter dem Eingangstastenfeld, um die dort infolge der Ausgleichswiderstände entstandenen Pegelverluste wieder auszugleichen. Der Verstärker ist mit einer ECC 81 bestückt, deren erstes System als stromgegekoppelte Verstärkerstufe arbeitet. Das zweite System ist ein Katodenverstärker und dient als Impedanzwandler für den niederohmigen Ausgang ( $R_i \approx 180 \Omega$ ). Die Pegelregelung erfolgt durch Regelung der Stromgegenkopplung an der Katode der ersten Stufe.

Der zweite Typ „ZV 2“ muß die weit höhere Verstärkung von 43 dB haben, um die Verluste im Hauptregler und im Ausgangs-Drucktastenverteiler ausgleichen zu können. Er ist mit drei Röhrensystemen, einer Doppeltriode ECC 83 und einer EC 92, ausgerüstet. Die beiden Systeme der ECC 83 arbeiten in normaler Verstärkerschaltung mit RC-Kopplung auf die Katodenverstärkerstufe mit der EC 92. Zur Herabsetzung der nichtlinearen Verzerrungen und des dynamischen Innenwiderstandes ist der Verstärker über alle Stufen frequenzunabhängig spannungsgegengekoppelt. Als Pegelregler befindet sich am Eingang ein Potentiometer mit Schraubenziehereinstellbarkeit. Als Ausgangsschaltung des Mischpultes dienen für die sieben Ausgänge auch wieder Katodenverstärker-

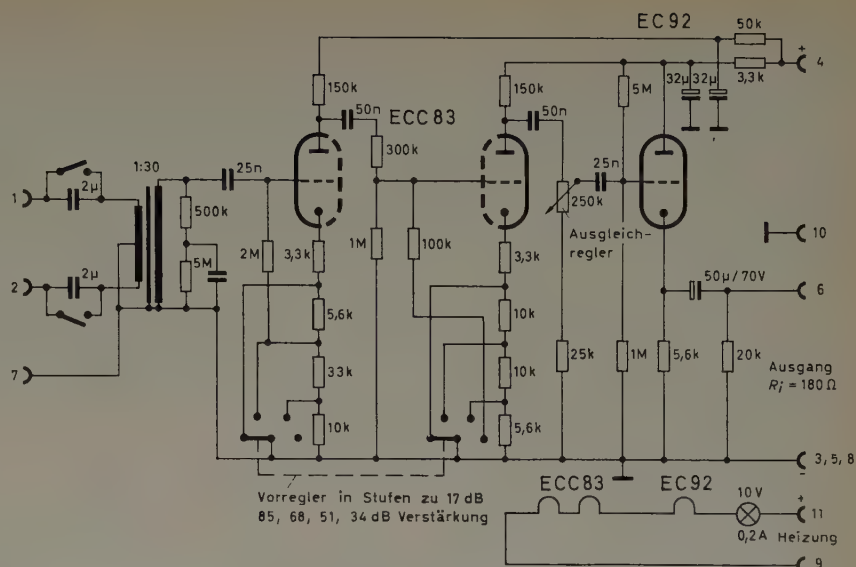


Bild 9. Schaltung des TU-Mikrofonverstärkers mit Trittschallfilter und Vorregler mit Stereo-Feinregelung

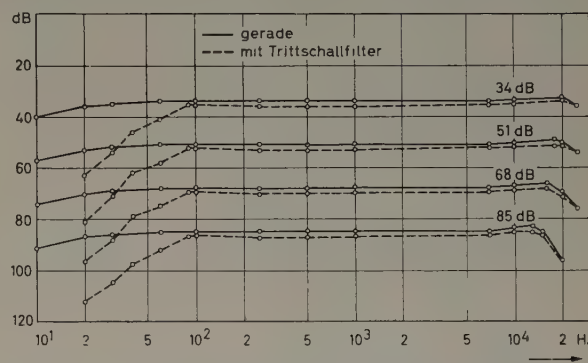


Bild 10. Frequenzgang des Selbstbau-Mikrofonverstärkers bei verschiedenen Vorreglerstellungen mit und ohne Trittschallfilter

stufen. Die Zwischenschaltung eines Symmetrierverstärkers SV war notwendig für den Anschluß an den Flachbahnregler „W 88“, der als symmetrischer Kettenleiter in H-Form ausgeführt ist.

#### 5. Abhöranlage

Da die Abhöranlage zur (subjektiven) Kontrolle der über das Pult gehenden Schallereignisse dient, müssen an sie die höchsten Qualitätsanforderungen gestellt werden. Von der Abhöranlage in einem Laborbetrieb muß gefordert werden

- 1) maximale Lautstärke über 100 Phon, um die Originallautstärke der Schallereignisse erreichen zu können,
- 2) sehr weiter Frequenzbereich, besonders in den Tiefen, damit Rumpel- und tieffrequente Störgeräusche erkannt werden können,
- 3) möglichst geringe nichtlineare Verzerrungen, um ein natürliches und vor allen Dingen durchsichtiges Klangbild zu erhalten,
- 4) geringe Fremdspannung, um die Dynamikgrenze der Tonträger und der Übertragungswege erkennen zu können.

Diese Forderungen verlangen einen gut konstruierten Leistungsverstärker mittlerer Leistung. Die Rundfunkanstalten bedienen sich hierfür des „V 69“, eines 25-Watt-Verstärkers in Gegentakt-A-Schaltung, der sich sehr gut bewährt hat. Dieser Verstärker kam aber aus finanziellen Gründen leider nicht in Frage. Da die Qualität üblicher Ela-Verstärker nicht ausreicht, wurde ein Eigenbau versucht, eine Gegentaktschaltung, bei der in der klassischen Ausführung folgende Möglichkeiten zur Verfügung standen:

- 1) Gegentakt-A-Schaltung mit Trioden  
Vorteil: hohe Qualität erreichbar  
Nachteil: geringer Wirkungsgrad, daher hoher Aufwand und große Verlustleistungen
- 2) Gegentakt-AB-(oder B-)Schaltung  
Vorteil: besserer Wirkungsgrad, geringerer Aufwand  
Nachteil: Schwierigkeit, hohe Qualität zu erreichen



Bei allen diesen Schaltungen stellt der Ausgangsübertrager ein besonders kritisches Bauelement dar. Man verlangt von ihm

- 1) ein hohes Übersetzungsverhältnis, da die Endröhren wechselstrommäßig hintereinandergeschaltet sind,
- 2) eine vollkommene elektrische Symmetrie im gesamten Frequenzbereich, damit die geradzahigen Oberwellen sich aufheben,
- 3) eine möglichst feste Kopplung der beiden Primärwicklungen untereinander und mit der Sekundärwicklung sowie sehr kleine Streuinduktivitäten, um besonders im AB- und B-Betrieb die Schaltverzerrungen (switching transients) und Intermodulationsverzerrungen kleinzuhalten.

Da ein solcher idealer Ausgangsübertrager längere Entwicklungszeit und sorgfältige Herstellung voraussetzt und daher auch nicht gerade billig ist, wurde versucht, eine andere Schaltung zu finden, bei der ein so hochwertiger Übertrager überflüssig ist. Als Ausweg bieten sich die Gegentakt-Parallelschaltungen an, auch PPP-Schaltungen (Push-Pull-Parallel) genannt, wobei die Endröhren umgekehrt wie bei den klassischen Schaltungen hier gleichstrommäßig in Serie und wechselstrommäßig parallel liegen. Hierdurch entfallen alle durch die Streuinduktivitäten hervorgerufenen Verzerrungen selbst im B-Betrieb, und der Außenwiderstand der Schaltung ist nur ein Viertel so groß wie bei normalen Gegentakt-Schaltungen, was weiterhin den Ausgangsübertrager vereinfacht.

Der Verstärker wurde in Anlehnung an eine Schaltung finnischer Herkunft aufgebaut [7]. Als Endröhren dienen zwei EL 84, obwohl die EL 86, die für die verwendete Schaltung der eisenlosen Endstufe von Philips entworfen wurde, noch günstigere Werte wegen des geringeren Ausgangswiderstands von 800  $\Omega$  gegenüber 2000  $\Omega$  der EL 84 hat. Aber bei der

EL 84 kann man eine höhere Anodenspannung (bis zu 300 V) verwenden, was der Verstärkung und Verzerrungsarmut der Vorstufen zugute kommt.

6. Hörspielverzerrer<sup>3)</sup>

Der Hörspielverzerrer dient zur linearen Verzerrung der Tonfrequenz und ist nur mit RC-Gliedern aufgebaut. Um eine möglichst vielseitige Anwendung zu erreichen, wurden sechs unabhängig kontinuierlich regelbare Netzwerke eingebaut, die eine Vielzahl von Regelmöglichkeiten zulassen. Zur besseren Reproduzierbarkeit der einzelnen Kurven sind die Regler mit je einer Zahlenskala ausgerüstet. Die Netzwerke bestehen aus einem Hochpaß mit 7000 Hz, vier Bandpässen mit den Resonanzfrequenzen 2500, 1000, 500 und 250 Hz und einem Tiefpaß mit 100 Hz. Diese Netzwerke sind über Ausgleichswiderstände am Eingang des Gerätes parallelgeschaltet und lassen sich mit je einem Regler mehr oder weniger wirksam in den Frequenzgang des Verzerrers einblenden. Die Prinzipschaltung zeigt Bild 11. Sind alle Regler voll aufgedreht, so ergibt sich durch Addition der einzelnen Kurven ein fast linearer Frequenzgang, aus dem dann beliebige Frequenzbereiche mehr oder weniger unterdrückt werden können (Bild 12a). Sind andererseits alle Regler auf Null gestellt, so sperrt das Gerät alle Frequenzen, und man kann durch Aufdrehen einzelner Regler bestimmte Frequenzgebiete (z.B. als Präsenzfilter) hervorheben (Bild 12b).

Die Flankensteilheit der Pässe ist ungefähr 10 dB/Oktave. Zum Ausgleich der Grunddämpfung der Filter dient ein dreistufiger RC-Verstärker. Einer EF 86 in der ersten Stufe folgt dann eine ECC 81, deren zweites System als Impedanzwandler in Anodenbasisschaltung betrieben wird und einen

<sup>3)</sup> Studienarbeit cand. ing. K. Bäder

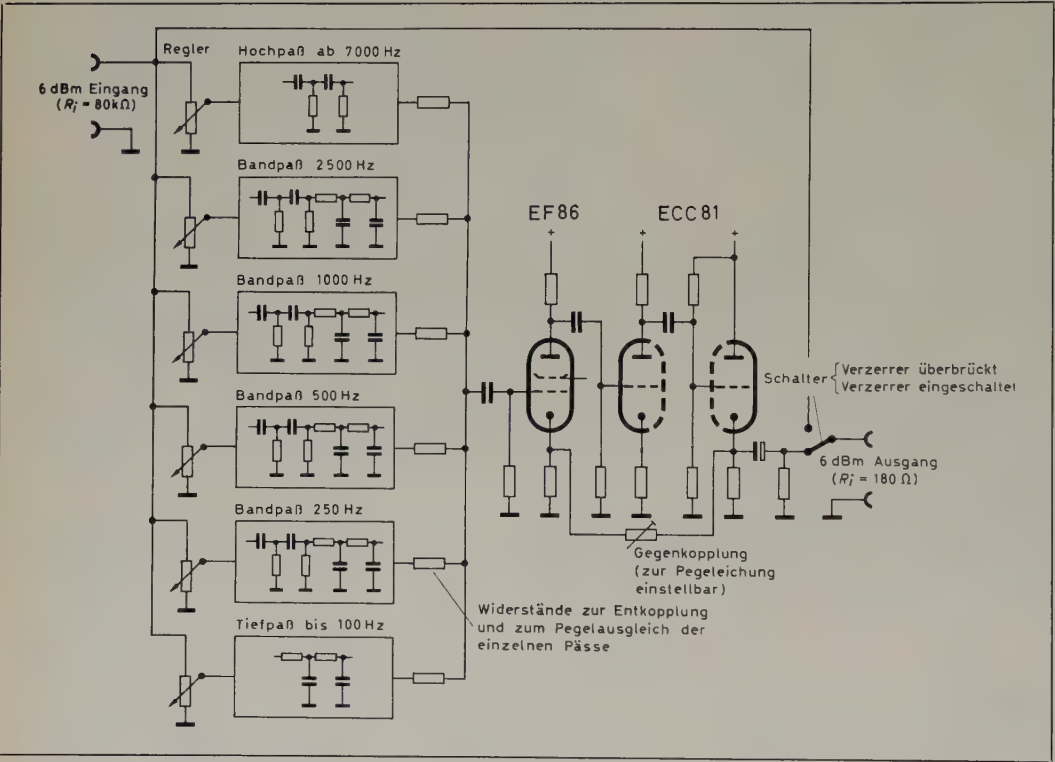
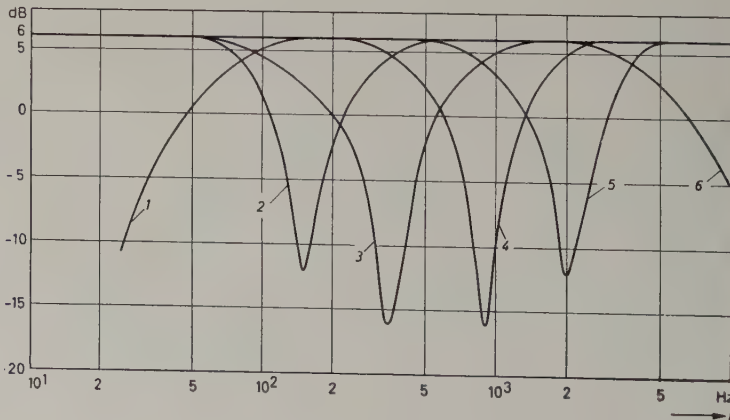
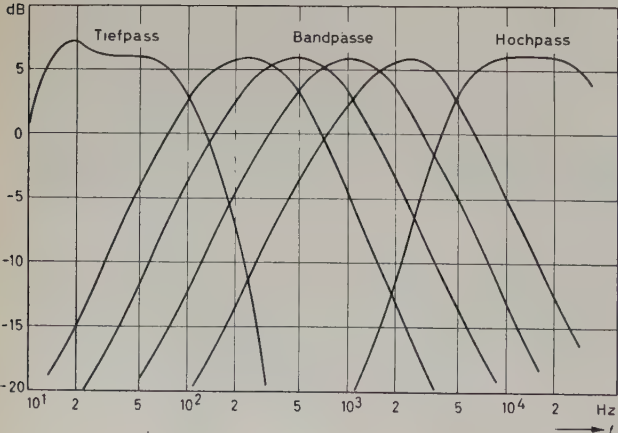


Bild 11. Prinzipschaltung des Hörspielverzerrers

Bild 12a (unten links). Frequenzkurven des Hörspielverzerrers bei voll aufgedrehten Reglern

Bild 12b. Hervorhebung einzelner Frequenzbereiche durch Aufdrehen der betreffenden Regler; 1 Hochpaß, 2-5 Bandpässe, 6 Tiefpaß





niederohmigen Ausgang von  $\approx 180 \Omega$  Innenwiderstand darstellt. Außerdem ist der ganze Verstärker in sich spannungsgegeggekoppelt, um die nichtlinearen Verzerrungen kleinzuhalten und eine Möglichkeit zur Pegel-einstellung zu bieten. Die Dämpfung des ganzen Gerätes wird damit auf 0 dB bei voll aufgedrehten Reglern eingestellt. Um den Verzerrer ganz abschalten zu können, befindet sich auf der Frontplatte ein Umschalter, der eine durchgehende Umwegleitung vom Eingang auf den Ausgang zu schalten gestattet, wobei der Verstärker und die Netzwerke abgeschaltet werden.

Die Grundidee der Schaltung stammt von einer französischen Veröffentlichung, dem „Audioscop“, das aber in seinen Daten und der Filteranordnung weitgehend geändert wurde. Das Gerät ist mit dem Verstärker in eine Normkassette des „V 71“ eingebaut, dessen Frontplatte abgeändert wurde und jetzt die Regler und den Umschalter trägt. Außerdem besteht die Möglichkeit, in das Mischpult mit Hilfe von Trennklinken verschiedene andere Geräte zur Ver- und Entzerrung einzuschalten (z. B. Oktavfilter, Terzfilter oder ein Filter der *Albiswerke*, das bis auf Terzbreite beliebige Kennlinien einzustellen gestattet).

#### 7. Aussteuerungsmesser<sup>4)</sup>

Da in der Stereophonie beide Kanäle nur pegelgleich geregelt werden dürfen, müssen bei der Übersteuerung eines Kanals beide Kanäle heruntergeregelt werden. Es genügt daher, die Pegel beider Kanäle auf ein Instrument zu schalten, da es gleichgültig ist, welcher Kanal übersteuert ist.

Aus betriebstechnischen Gründen möchte man jedoch wissen, welcher Kanal einen höheren oder tieferen Pegel hat. Dafür ist zusätzlich ein Magisches Auge mit zwei Anzeigesymbolen vorhanden. Im übrigen entspricht die Schaltung den Normdaten des Rundfunks. Zusätzlich sind noch Buchsen vorhanden, um einen Katodenstrahl-Oszillografen für Experimentierzwecke anschließen zu können.

<sup>4)</sup> Diplomarbeit Dipl.-Ing. H.-A. Taage

#### 8. Schlußbemerkung

Es braucht nicht besonders betont zu werden, daß im mechanischen und elektrischen Aufbau die modernsten Grundsätze im Mischpultbau befolgt wurden. Das gilt für das übliche Betriebserde-Schutzerde-System, für Verdrahtung, Kabelverlegung usw. Die Schutzbleche für das Gestell wurden mit Druckknöpfen befestigt, so daß sie für Reparaturen, Umbauten und Erweiterungen innerhalb des Gestells schnell abnehmbar sind. Die Schlußkalkulation ergab, daß ein Mischpult in der beschriebenen Ausführung bei einem Materialaufwand von etwa 7000,— DM und Arbeitsstunden in Höhe von etwa 8000,— DM für ungefähr 15000,— DM zu erstellen wäre. Materialstiftungen und der Selbstbau des Mischpultes verringerten die tatsächlichen Aufwendungen auf einen Bruchteil des genannten Betrages.

#### Schrifttum

- [1] Weingärtner, A.: Die tonfrequenztechnischen Einrichtungen im Studioneubau Kaiserslautern des Südwestfunks. Rundfunktechn. Mitt. Bd. 2 (1958) Nr. 4, S. 160—167
- [2] Wohlrab, H. C.: Tonmischung bei Film und Fernsehen. Siemens-Z. Bd. 28 (1954) S. 354—359
- [3] Lauridsen: Stereophonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe. Gravesaner Blätter Bd. 2 (1956) Nr. 5, S. 28—60
- [4] Schlechtweg, W.: Stereophone Schallaufnahme. Elektrot. Z.-B. Bd. 10 (1958) Nr. 6, S. 240—242
- [5] Süther, P. P.: Verstärkerketten und Pegeldiagramme der Film- und Fernseh-Tontechnik. Kino-Technik Bd. 13 (1959) Nr. 1, S. 1—8
- [6] Elektroakustische Anlagen für Geräuschkulisse und Nachhall. WSW, Technische Berichte Wien Bd. 7 (1955) Nr. 48
- [7] Köykkä, T. M.: Der Gegenparallel-Verstärker. Funkschau Bd. 28 (1956) Nr. 14, S. 585—586

(eingegangen am 23. Mai 1959)

W. GRAU

## Stereophonie im Film — echte und Pseudo-Verfahren<sup>1)</sup>

DK 681.84.087.7:778.5

Die Stereophonie gilt heute in der Elektroakustik als Aufbaustein in der High-Fidelity-Technik — wenn man hierunter das Streben nach originalgetreuer Schallabbildung versteht — und bei den Breitwandverfahren der Filmtechnik als notwendiges Requisite zur besseren Anpassung von Bild und Ton. Sie ist nichts Neues, ihr Start in der Öffentlichkeit wurde durch den Stand der Technik bestimmt, der die Richtungskomponente zur Erhöhung der wirklichkeitsähnlichen akustischen Abbildung erforderlich werden ließ. Stereophone Aufnahmen erscheinen bei der Wiedergabe durchsichtiger; der Grund hierfür liegt darin, daß man gerichtet zu hören vermag. Man schenkt seine Aufmerksamkeit denjenigen Schallquellen, die man zu hören wünscht, und unterdrückt die Höreindrücke aus anderen Richtungen. Dem Regisseur bietet sich dadurch zum Beispiel die Möglichkeit, zwei Dialoge unabhängig voneinander deutlich hörbar zu machen, was in der einkanaligen Übertragungstechnik nicht möglich ist.

Die Wiedergabe im Lichtspieltheater unterscheidet sich grundsätzlich von den Vorführbedingungen der beiden anderen Repräsentanten der angewandten Elektroakustik durch einen größeren Zuhörerkerkreis je Wiedergabeapparatur. Bei der Rundfunk- und Schallplattenwiedergabe ist der Zuhörerkerkreis meist kleiner und besteht oftmals nur aus einer Person, und damit ist der Anschaffungswert der Wiedergabeanlage je Zuhörer in der Tonfilmindustrie wesentlich geringer. Das könnte ein Grund dafür sein, daß sich die Stereophonie in der breiten Öffentlichkeit zuerst im Filmtheater vorgestellt hat.

Die in der angewandten Elektroakustik benutzten Verfahren zur Vervollkommen der einkanaligen Wiedergabe wurden meist mit dem Sammelbegriff High-Fidelity bezeichnet, doch tauchten in den letzten Jahren neben dem zum Schlagwort gewordenen „Hi-Fi“ noch andere Begriffe der Stereophonie, wie Raumton, Raumklang, plastische Wirkung des Tones und sogar Pseudo-Stereophonie, auf, wobei in jedem Falle eine einkanalige Aufnahme ohne Intensitäts- oder Laufzeitverschiebungen über die Lautsprecherkombinationen abgestrahlt wurde. Wenngleich alle diese Methoden auch deutliche Verbesserungen der elektroakustischen Wiedergabe hinsichtlich der Klangfülle mit sich brachten, fehlte ihnen allen doch ein Kriterium der echten stereophonen Verfahren, nämlich die Differenziertheit in der Abbildung räumlich getrennter Schallquellen.

Beim Studium der Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Stereophonie wird man feststellen, daß Zwei- und Mehrkanal-Verfahren auf der Auf-

nahme- und Wiedergabeseite von Anbeginn der Untersuchungen auf diesem Gebiete behandelt wurden, die grundlegenden Erkenntnisse aber mit Hilfe der Zweikanal-Stereophonie gefunden wurden. Das ist auch gar nicht so verwunderlich, denn hier herrschen die übersichtlichsten Verhältnisse.

Die Filmtechnik in Deutschland hat sich schon seit langem mit der Stereophonie beschäftigt; bereits vor 20 Jahren, am 22. Oktober 1938, hat Warncke auf der zweiten Jahrestagung der *DKG* unter anderen stereophonen Problemen auf Unterschiede zwischen der Zweikanal- und der Dreikanal-Stereophonie hingewiesen. Diese Frage dürfte zunächst dahingehend geklärt sein, daß sich die Schallplattentechnik für zwei Stereo-Kanäle, die Filmtechnik dagegen für die Mehrkanal-Stereophonie entschieden hat, womit weder ein Werturteil über beide Verfahren gefällt, noch die Möglichkeit einer Änderung in Abrede gestellt sein soll. Aus-schlaggebend ist in beiden Techniken die wirtschaftliche Nutzung, die Unterbringung der erforderlichen Tonspuren auf dem gemeinsamen Träger. In der Filmtechnik sind zwar stereophone Verfahren mit zwei und mehr als drei Kanälen bekannt, die Wiedergabegegebenheiten der deutschen Lichtspieltheater sprechen jedoch für die Dreikanal-Stereophonie mit zusätzlichem Effektkanal.

Das seit 1953 in vielen deutschen Lichtspieltheatern eingeführte Cinema-Scope-Verfahren brachte auf der Bildseite ein Breitwand-Seitenverhältnis oberhalb von 1 : 2, dem der richtungsabhängige Mehrkanal-Magnetton zur Erhöhung größerer Wirklichkeitstreue zugeordnet war. Der Entschluß der *Centfox-Film*, alle zukünftigen Filme ihrer Produktion nur noch nach diesem Verfahren herzustellen, zog die Notwendigkeit einer zeitlich schnellen Umstellung auf dieses Verfahren im Atelier wie im Lichtspiel-theater mit sich. So war es verständlich, daß die *Mosaik-Film GmbH*, die den ersten Synchronisationsauftrag dieser Art in Deutschland erhielt, sich zunächst aus Gründen der kurzzeitigen Bereitstellung der erforderlichen Apparaturen nur auf die eigentlichen stereophonen Sprachaufnahmen beschränkte, wenige Monate später aber dann die gesamte Bearbeitung von der Sprachaufnahme über den Schnitt und die Mischung bis zur Herstellung der spielfertigen Theaterkopie übernahm. Heute ist sie in der Lage, zweistereophonische Filme im Sinne der Nachsynchronisation gleichzeitig zu bearbeiten, da zwei Sprachaufnahmeateliers die Aufnahmen, die beiden Mischateliers die stereophone Mischung durchzuführen gestatten. Darüber hinaus ermöglicht das elektronische Kopierwerk die schnelle Anfertigung der erforderlichen Theaterkopien.

<sup>1)</sup> Vortrag vor der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft auf der 281. Vortrags-sitzung am 22. 4. 1959



1. Abbildungstreue der „echten“ Stereophonie

Hierzu seien zwei Schallereignisse miteinander verglichen:

Wir befinden uns auf einer belebten Straße und sind vom Großstadtlärm eingehüllt, wir sehen und hören einen CinemaScope-Film.

Was man heute unter „echter“ Stereophonie versteht, ist bestenfalls ein auf einen kleinen Horizontalwinkel beschränktes Richtungshören. Eine gute Stereophonie bildet einen vor dem Zuhörer liegenden dreidimensionalen Klangkörper in eine akustische Horizontalebene ab, deren Tiefe, die akustische Perspektive, auch recht problematisch ist. Für ein in angemessenem Abstand vor dem Zuhörer befindliches Orchester ist der Horizontalwinkel groß gegen den Elevationswinkel, so daß der bei echter stereophoner Übertragung gewonnene Eindruck befriedigt. Die stereophone Tiefe ist dagegen recht grob, kann aber durch eine bildliche Unterstützung verfeinert werden. Das erste Gedankenexperiment, die Einhüllung eines Straßenpassanten vom Großstadtlärm, läßt sich also mit der sogenannten „echten“ Stereophonie nicht elektroakustisch wiedergeben.

1.1 Der Raum- oder Effektkanal

Erfreulicherweise spielt sich bei einer Filmvorführung die Handlung nur in einem begrenzten Winkel vor dem Zuschauer ab, so daß die akustische Untermalung des gesehenen Bildes im wesentlichen auch nur aus einem begrenzten Winkel (auf den Zuschauer bezogen) zu erfolgen braucht. Die heute gebräuchlichen Breitwandverfahren nutzen diese Tatsache aus und verwenden in erster Linie die Dreikanal-Stereophonie, wobei oft noch im Zuschauererraum verteilte Effektlautsprecher in bestimmten Szenen zur akustischen Untermalung herangezogen werden. Diese Lautsprecher haben aber zu Unrecht den Namen Effektlautsprecher, man sollte sie grundsätzlich Umgebungslautsprecher nennen und auch entsprechend einsetzen. Ihr Zweck ist doch, das Publikum mit in die Handlung einzubeziehen, sie sollen also mit der Szene verbundene Schallereignisse wiedergeben, die, auf das Bild bezogen, über oder hinter dem Publikum eintreten. Bilder, die sich bereits als Großaufnahme auf den Zuschauer hin bewegen, müssen dementsprechend vom Ton begleitet werden, der dann von den Bühnenlautsprechern auf den Effektkanal hinüberwechselt. Einen derartigen sauberen Übergang konnte man bei dem CinemaScope-Film der Centfox-Film „Roger Wagner—Choral“ erleben. Hier traten die Chorknaben in zwei Reihen in Richtung des Zuschauers seitlich aus dem Bilde heraus, wobei der Gesang in zunehmendem Maße aus den Umgebungslautsprechern ertönte.

Dieser vielumstrittene vierte Kanal ist also imstande, den Eindruck des Bildes mit der zugeordneten flächenhaften stereophonen Tonwiedergabe zu erweitern; er trägt also dazu bei, die „echte“ Stereophonie auf die Ebene der „wirklich echten“ Stereophonie mit echter Raumwirkung zu heben. Ein jeder kennt den unterschiedlichen Eindruck des Straßenlärms, einmal auf der Straße selbst erlebt und zum anderen durch ein offenes Fenster abgehört, wobei hinter dem Fenster stets der Eindruck des Abgetrenntseins entsteht, weil man es gewohnt ist, derartige diffuse Geräusche, deren Einzel- und Spiegelschallquellen, bezogen auf den Zuhörer, über einen großen Raumwinkel verteilt sind, differenziert aufzunehmen.

Während das visuelle Erlebnis infolge des Gesichtswinkels beschränkt ist, sind dem akustischen keine Grenzen, den Raumwinkel bezogen, gesetzt. Da aber die Breitwandverfahren eine volle Ausfüllung des Gesichtswinkels anstreben, sollte die Stereophonie im Film Schritt halten und auch den ganzen Hörwinkel ausfüllen. Die praktische Ausführung setzt hier Grenzen; die gegebenen Möglichkeiten in Form der Umgebungslautsprecher sollten aber voll ausgenutzt werden. In der technischen Ausführung wäre es besser, die Steuerfrequenz des Effektkanals in die Modulationspausen zu legen und ihr eine subaudible Frequenz zuzuordnen, wodurch man zu einfacheren Filtersystemen und geringer Gefahr des Übersprechens der Steuerfrequenz auf den rechten Kanal kommen würde.

2. „Echte“ Stereophonie

Die meisten wahrgenommenen Schallereignisse rufen Richtungseindrücke hervor, die eine Lokalisierung der Schallquelle gestatten. Neben die Rechts-Links- und Vor-Hinter-Eindrücke tritt noch die Beurteilung der Entfernung und des Elevationswinkels sowie der Geschwindigkeit der bewegten Schallquelle.

Die heute gebräuchlichen stereophonen Verfahren vermitteln weder einen Vor-Hinter-Eindruck, noch bieten sie eine Möglichkeit zur Bestimmung des Elevationswinkels, so daß das Richtungsempfinden, das heißt die Wahrnehmung der Änderung des Richtungswinkels, auf einen Rechts-Links-Eindruck beschränkt bleibt und mit drei Komponenten festgelegt wird:

- 1) dem Amplituden- oder Intensitätsunterschied,
- 2) dem Klangfarbenunterschied, der auch als frequenzabhängiger Intensitätsunterschied aufgefaßt werden kann,
- 3) der Phasendifferenz oder dem Laufzeitunterschied.

Weil jeder Zeitunterschied, das heißt jede Laufzeit, als Phasendifferenz definiert werden kann (und umgekehrt), ist eine Unterscheidung zwischen

Phase und Zeit nicht nötig. Da die maximale Verschiebung bei sinusförmigen Dauertönen im Bereich  $0 \dots 2\pi$  liegt, spricht man hier einfach von Phasendifferenzen, während man bei natürlichen Schallereignissen, wie Musik, Sprache und Geräuschen, besser von Laufzeitunterschieden spricht. Unterhalb von etwa 300 Hz hört die Ortungsmöglichkeit auf, im Gebiet von 300...1000 Hz überwiegt die Phasendifferenz, oberhalb von 1 kHz bestimmt die Amplitudendifferenz in steigendem Maße die Ortung. Das Entfernungsempfinden ist im Gegensatz zur Seitenbeurteilung als ungenau anzusehen und beschränkt sich im wesentlichen auf einen Nah-Fern-Eindruck, der durch das Auge verfeinert werden kann. Neben Intensitätsunterschieden wird die Nah-Fern-Komponente durch Anteile von Spiegelschallquellen bestimmt.

Ähnlich ist es mit der Geschwindigkeitsbeurteilung, die sich als Folge des Doppler-Effekts in erster Linie auf eine Annäherungs- oder Auswanderungsbeobachtung beschränkt.

Werden zwei Lautsprecher in einem gegebenen Abstand voneinander aufgestellt und strahlen beide dasselbe Schallereignis zeit- und intensitäts-gleich ab, so wird ein Zuhörer, der sich auf der Mittelsenkrechten der Verbindungslinie der beiden Lautsprecher befindet, das Schallereignis zwischen diesen beiden Lautsprechern hören. Wird nur das Intensitätsverhältnis variiert, so scheint das Schallereignis sich fast sprunghaft zum intensitäts-reicheren Lautsprecher zu bewegen. Das Gewinnen des Mitteneindrucks wird als Summenlokalisierung bezeichnet, sie ist sowohl durch Intensitäts- wie auch durch Laufzeitunterschiede bestimmt. Bild 1 zeigt sowohl den Versuchsaufbau wie die Ergebnisse in bezug auf Intensitäts- und Laufzeitunterschiede. Einflußgrößen sind hierbei die Eigenschaften der Lautsprecher, der Ort des Zuhörers, der sich hier in einer Zone guter stereophoner Hörsamkeit befindet, die Kopfhaltung und die Gegebenheiten der

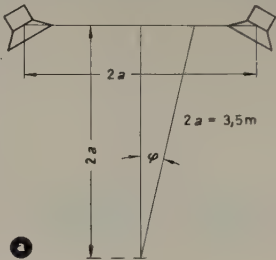


Bild 1. a) Anordnung der beiden Lautsprecher und Definition des Ortungswinkels  $\varphi$ ; b) Ortungswinkel einer fiktiven Schallquelle bei raumbezoglicher Pseudo-Stereophonie als Funktion des Intensitätsunterschiedes (Kurve 1) und als Funktion des Laufzeitunterschiedes (Kurve 2)

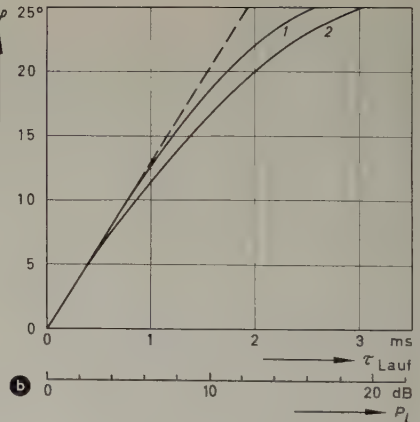
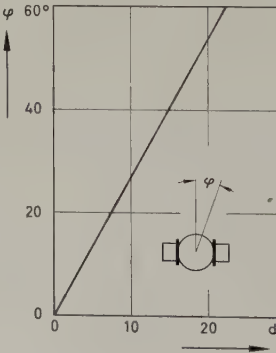


Bild 2. Ortungswinkel einer fiktiven Schallquelle bei kopfbezoglicher Pseudo-Stereophonie als Funktion des Intensitätsunterschiedes



gleich großen Änderung des Ortungswinkels entspricht. Die stereophone Übertragung mit nur zwei Kanälen ist auf der Schallaufnahmezeit infolge der räumlichen Ausdehnung der Schallquelle begrenzt. Ist sie zu groß, dann entstehen Laufzeitunterschiede der Einzelschallquellen zu den Mikrofonen, die den Richtungswinkel verfälschen können. Es wird weiter unten noch gezeigt, daß bei raumbezoglicher Stereophonie die Lautsprecherbasis und damit auch die Breite der Abbildung auf der Wiedergabeseite beschränkt ist, während der Aufnahmewinkel zunächst einmal unbegrenzt ist, was zu Störungserscheinungen (Randverzerrungen) führt.

Hier zeigt sich deutlich der Unterschied zwischen raumbezoglicher und kopfbezoglicher Stereophonie. Im Bild 2 ist die Versuchsauswertung von Feddersen, Sandel, Teas und Jeffres dargestellt, aus der praktisch



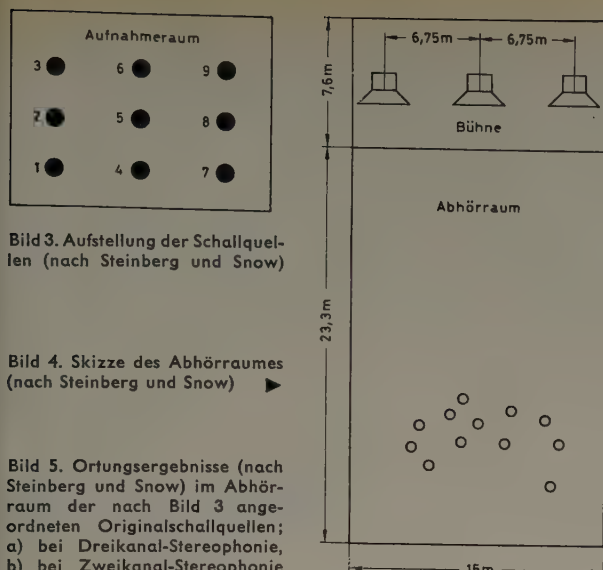


Bild 3. Aufstellung der Schallquellen (nach Steinberg und Snow)

Bild 4. Skizze des Abhörraumes (nach Steinberg und Snow)

Bild 5. Ortungsergebnisse (nach Steinberg und Snow) im Abhör室 der nach Bild 3 angeordneten Originalschallquellen; a) bei Dreikanal-Stereophonie, b) bei Zweikanal-Stereophonie

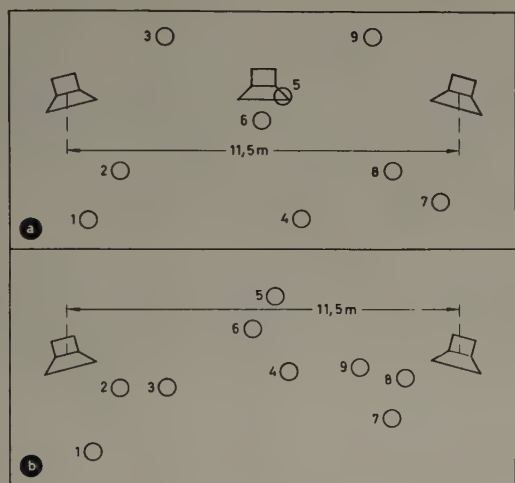
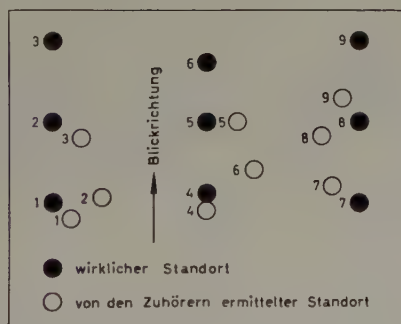


Bild 6. Ortungsfehler der Zuhörer bei der Bestimmung des Aufenthaltsortes mehrerer Sprecher auf einer verdunkelten Bühne (nach Steinberg und Snow)



eine Linearität zwischen Intensitätsunterschied und Richtungswinkel hervorgeht.

In seinem Vortrag war Warneke seinerzeit ausführlich auf Zwei- und Dreikanal-Stereophonie eingegangen. Es ist interessant, auf die von ihm zitierten Versuche von Steinberg und Snow noch einmal zurückzukommen. Die Bilder 3 und 4 zeigen die Aufnahmebedingungen, und Bild 5 enthält die Ergebnisse. Interessant ist, daß bei der Zweikanal-Übertragung der Tiefeneindruck sowohl auf der rechten wie auf der linken Seite verlorengeht. Sehr eindrucksvoll ist jedoch im Bild 6, daß auch in einer Originalvorführung bei der Ortsbestimmung des Sprechers auf einer verdunkelten Bühne durch die Zuhörer Ortungsfehler hervorgerufen werden, wobei in erster Linie ein Mangel in der Beurteilung der Tiefe zu erkennen ist. Vermutlich ist hier die Ortung infolge Ausfallens der visuellen Komponente gestört worden.

Die seitliche Ortsbestimmung stellte sich bei der Zweikanal-Übertragung dagegen als günstiger heraus.

Bild 7 gibt einen Überblick über die raumbezüglichen stereophonen Verfahren. Der Aufbau dieser Übersicht soll und darf nicht den Anschein der Gleichwertigkeit zwischen echten Verfahren und Pseudo-Verfahren er-

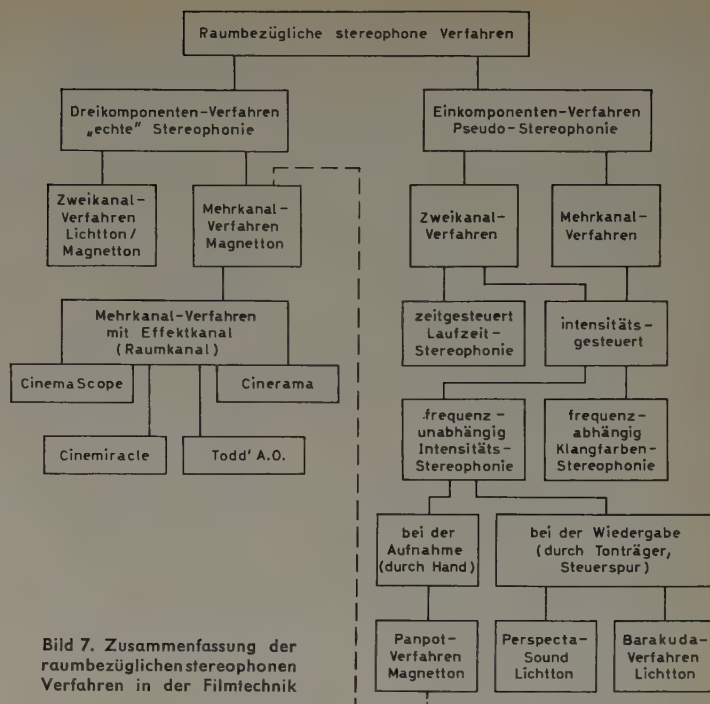


Bild 7. Zusammenfassung der raumbezüglichen stereophonen Verfahren in der Filmtechnik

wecken. Sie gilt nur für die in der Filmtechnik üblichen Verfahren; die Methoden der Schallplattentechnik, wie XY- und MS-Stereophonie, sind nicht berücksichtigt. Bei der „echten“ Stereophonie werden alle drei Komponenten erfaßt, die einzelnen Schallereignisse von den Empfängern differenziert aufgenommen und von den Sendern so abgestrahlt, daß sie vom Zuhörer durch die Summenlokalisierung differenziert erfaßt werden.

### 3. Pseudo- oder Einkomponenten-Verfahren

Bei den Pseudo-Verfahren (man sollte sie besser Einkomponenten-Verfahren nennen) empfängt das Mikrofon integrierend (auch der Zuhörer hört integrierend), wobei allerdings ein willkürlich gewählter Ortungswinkel hinzutritt. Das bedeutet, daß sich die Pseudo-Verfahren lediglich zur stereophonen Abbildung punktförmiger, nicht aber für räumlich ausgedehnte Schallquellen eignen. Ein monaural aufgenommenes Orchester oder eine Schauspielergesellschaft läßt sich selbstverständlich nicht durch Einkomponenten-Verfahren auseinanderziehen.

Während die Dreikomponenten-Verfahren, die „echten“ stereophonen Verfahren, grundsätzlich bei der Aufnahme mehrere Mikrofone und bei der Wiedergabe eine entsprechende Anzahl von Lautsprechern haben, arbeiten die Einkomponenten-Verfahren der Pseudo-Stereophonie mit einem Mikrofon oder einer monaural aufgenommenen Schallkonserve und erfordern einen Zwischenprozeß, bevor sie auf mehrere Lautsprecher geleitet werden, ehe ein Richtungseindruck entsteht. Entsprechend ihrer Definition, beschäftigen sich die Einkomponenten-Verfahren entweder nur mit Zeit- oder nur mit Intensitätsunterschieden. Pseudo-Stereophonie auf der Basis der Klangfarbenverschiebung ist in der Filmindustrie bisher nicht betrieben worden.

Am bekanntesten ist das Panpot-Verfahren, eine Intensitäts-Stereophonie, die auch scherzhaft Knüppel-Stereophonie genannt wird. Hierbei wird eine einkanale Aufnahme über einen Panoramaregler — den Panpot — geleitet, der als Verbundregler, entsprechend seiner Einstellung, die Lautstärkeverteilung auf die Einzelkanäle so vornimmt, daß ein einwandfreier Richtungseindruck entsteht. Eine gewisse Bedeutung hat diese Art der Pseudo-Stereophonie heute noch bei der Synchronisation ausländischer Filme, wenn zum Beispiel die Sprachaufnahmen eines Darstellers aus zwingenden Gründen monaural aufgenommen und später in einen stereophonen Film eingearbeitet werden müssen. Unter einschränkenden Bedingungen läßt sich auf diese Weise auch ein nicht überlappendes Dialog richtungsmäßig auseinanderziehen. Auch monaural aufgenommene Geräuschaufnahmen lassen sich mit brauchbarem Erfolg in stereophon aufgenommene Filme einarbeiten.

Als Hilfsverfahren dient die Intensitäts-Stereophonie zur Überführung von dreikanaligen stereophonen Aufnahmen in solche mit fünf Stereo-Kanälen, wie sie bei Wiedergabeverfahren vom Typ Cinerama, Cinemiracle oder Todd-AO erforderlich sind.

Die gelegentlich verwendete Methode der Seitenbetonung unter echt stereophonen Aufnahmebedingungen durch Anheben des Pegels der Seitenkanäle stellt im Grunde nichts anderes als die Überlagerung zweier Verfahren dar: der Intensitäts- und der echten Stereophonie.



Während die genannten Verfahren der Intensitäts-Stereophonie bereits bei der Aufnahme die gewünschte Anzahl von Kanälen hervorbringen, erfolgt die Aufspaltung beim Perspecta-Sound- und beim Barakuda-Verfahren erst bei der Wiedergabe, wobei ein bei der Aufnahme bereits gefertigtes Steuerband verwendet wird. Die Steuerfrequenzen beeinflussen beim erstgenannten Verfahren den zur Vorführung unbedingt notwendigen Integrator, einen Kanalverteiler, der zwischen dem Saalregler und den Hauptverstärkern eingeschaltet ist. Beim Barakuda-Verfahren dagegen wird die Erregung elektrodynamischer Lautsprecher von den Steuerfrequenzen beeinflusst.

Die Technik der Zusammenfassung — die Überführung der stereophonen in eine einkanale Aufnahme zur Vorführung in Lichtspieltheatern — stellt als gesonderter Arbeitsvorgang eine Zwangssymmetrierung dar und muß mit besonderer Vorsicht durchgeführt werden. Das elektrische Zusammenfügen phasenverschobener Schallereignisse führt zu nichtlinearen Verzerrungen, die spektrale Auslöschungserscheinungen mit sich bringen können und ein untragbares Hörbild ergeben. Man tut gut, dem jeweils intensitätsreicheren Kanal den Vorzug zu geben und die anderen weitgehend zu unterdrücken.

Das Gegenstück zum Panpot-Verfahren als Intensitäts-Stereophonie bildet die Laufzeit-Stereophonie. Hierbei wird ein Tonträger, der auf zwei Tonspuren zwei zeit- und intensitätsgleiche Aufnahmen enthält, die aus einer monauralen Aufnahme gewonnen sind, an einem Spezialwiedergabekopfträger vorbeigeführt, dessen einer Wiedergabekopf sich relativ zum anderen in Laufrichtung des Filmes mit einem Spindeltrieb verschieben läßt. Da die Betätigung des Spindeltriebes wesentlich zeitraubender als die Bewegung eines Potentiometergriffes ist, hat sich dieses Verfahren nicht in der Praxis durchgesetzt. Die Vorteile dieser Methode liegen mehr bei der pseudo-stereophonen Umsetzung einer Gruppe mehrerer ruhender Schallquellen, wobei durch zusätzliche Frequenzgangbeeinflussung der Einzelkanäle ein summarischer Effekt entsteht, der eine deutliche Verbesserung gegenüber der einkanalen Wiedergabe mit sich bringt. Ältere Aufnahmen, deren Wiederholung nicht mehr möglich ist, lassen sich auf diese Weise in ein voluminöseres Klangbild verwandeln.

Die Klangfarben-Stereophonie endlich soll hier nicht als Verfahren, sondern als Effekt beschrieben werden. Bei der dreikanaligen Aufnahme mit Richtmikrofonen mit zueinander parallelen Hauptachsen treten nach

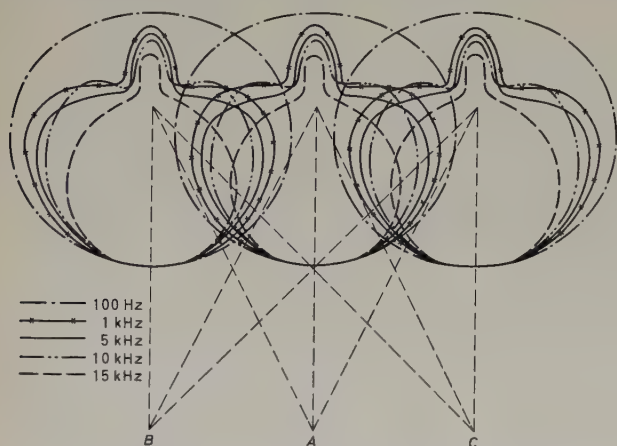


Bild 8. Richtungsdiagramm einer Mikrofongruppe für Dreikanal-Stereophonie (Mikrofonhauptachsen parallel)

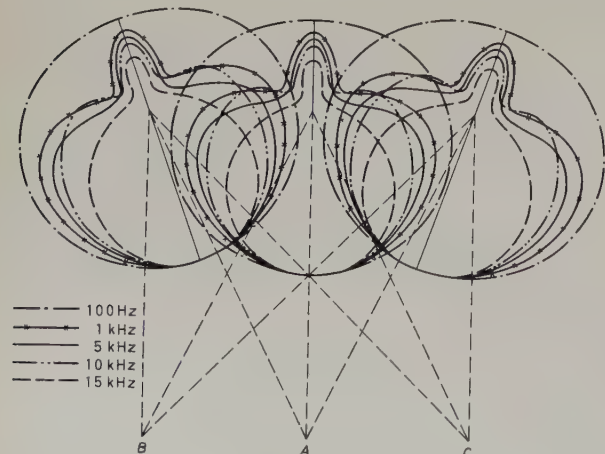


Bild 9. Richtungsdiagramm einer Mikrofongruppe für Dreikanal-Stereophonie (Mikrofonhauptachsen zueinander geneigt)

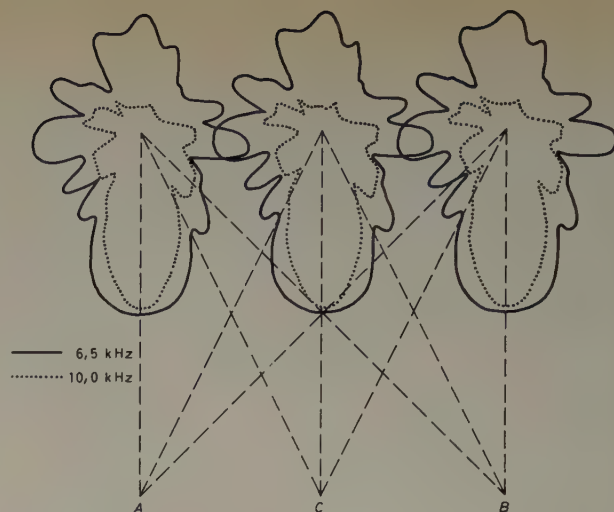


Bild 10. Richtungsdiagramm einer Lautsprechergruppe für Dreikanal-Stereophonie (Lautsprecherhauptachsen parallel)

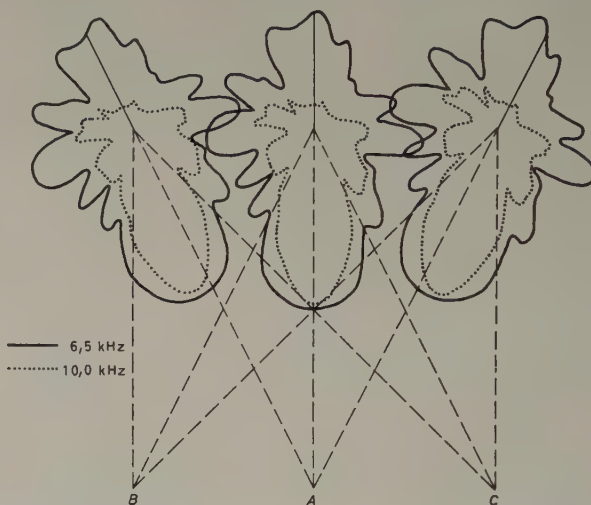


Bild 11. Richtungsdiagramm einer Lautsprechergruppe für Dreikanal-Stereophonie (Lautsprecherhauptachsen zueinander geneigt)

Bild 8 bei Passagen Verluste der hohen Frequenzen in Halbrechts- und Halblinksstellung ein. Bei Eindrehung der beiden äußeren Hauptachsen wird dann diese Erscheinung etwas gemildert (Bild 9). Das äußert sich bei Passagen frequenzgangmäßig als ein Wechselspiel zwischen Präsenz und Abwesenheit. Stehen die Schauspieler jedoch direkt vor einem der Stereomikrofone, so tritt die Klangfarben-Stereophonie als unterstützendes Moment auf. Bei der Wiedergabe bestehen ähnliche Bedingungen, wie aus Bild 10 hervorgeht. Hier genügt es jedoch nicht, wie im Bild 11 angedeutet, die Lautsprecherhauptachsen einander zuzuneigen, da zum Erreichen guter Wiedergabebedingungen die Schallrückwürfe der Seitenwände eine maßgebliche Rolle spielen.

#### 4. Stereophone Verfahren mit unterdrückten Komponenten

Zwischen dem bisher als „echte“ Stereophonie bezeichneten Dreikomponenten-Verfahren und den als Einkomponenten-Verfahren erklärten Pseudo-Verfahren stehen solche mit unterdrückter Komponente, wie zum Beispiel mit unterdrückter Laufzeit. Diese Verfahren haben als Kennzeichen bei der Wiedergabe die Differenziertheit einzelner Schallquellen, sind aber beim Film bisher nicht angewendet worden. Mit ihnen verschiebt sich die Definition der „echten“ Stereophonie, die vom Direktören im physikalischen Sinne abgeleitet war und drei Komponenten aufwies, auf eine technische Definition, wonach vom Effekt der räumlichen Abbildung ausgegangen wird. Diese Verfahren bringen bei der Tonaufzeichnung Vereinfachungen mit sich und erlauben vor allen Dingen die gleichzeitige Herstellung einer monauralen und einer stereophonen Version. Sie sind in die Nomenklatur als kompatible Verfahren eingeordnet und werden in der Schallplattenindustrie mit gutem Erfolg angewendet.

#### 5. Zur Praxis der stereophonen Aufnahme

Während es sich bei der stereophonen Aufnahme in der Schallplattenindustrie meist um Musikaufnahmen handelt, liegt beim Spielfilm das Schwergewicht bei der Sprachaufnahme. Der grundsätzliche Unterschied beider Aufnahmen liegt in den stationären Schallquellen der Musikaufnahme zu den sich ständig in Bewegung befindlichen Schauspielern. Mit



steigender Dynamik der Szene steigen die Probleme der akustischen Abbildung. Da nun die Richtcharakteristiken von Nierenmikrofonen frequenzabhängig sind, treten an den Überschneidungen benachbarter Stereo-Mikrofone gefährliche Frequenzgangverwerfungen auf, die sich bei stereophoner Aufnahme beweglicher Schallquellen in den bekannten Lochbildungen oder Sprungstellen äußern. Bei der Passage eines Darstellers wird die Stimme wechselnd brillant und stumpf. Man kann dieser Erscheinung begegnen, indem man die Mikrofonhauptachsen zueinander neigt. Der Abstand der Mikrofone ist sorgfältig auszuwählen. Experimentelle Untersuchungen von de Boer ergaben, daß mit wachsendem Mikrofonabstand der Stereo-Gruppe der Schallaufnahmewinkel kleiner wird. De Boer hat diese Untersuchungen mit der Zweikanal-Stereophonie durchgeführt; Bild 12 zeigt den Versuchsaufbau im Aufnahme- und Wiedergaberaum, Bild 13 die Ergebnisse. Bei großem Mikrofonabstand erscheint eine von der Mitte ausgehende Seitenbewegung zunächst mit großer Geschwindigkeit, die dann aber schnell abnimmt. Zur Seite hin wird die Bewegungskompression immer stärker, da eine Ortung der fiktiven Schallquellen jenseits der Lautsprecherbasis nicht möglich ist. Vor einem zu großen Mikrofonab-

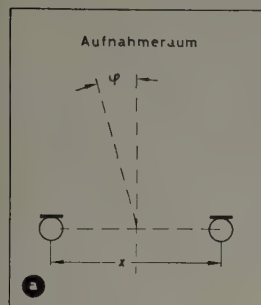


Bild 12. Versuchsaufbau (nach de Boer) im Aufnahme- und Wiedergaberaum (a) und im Wiedergaberaum (b)

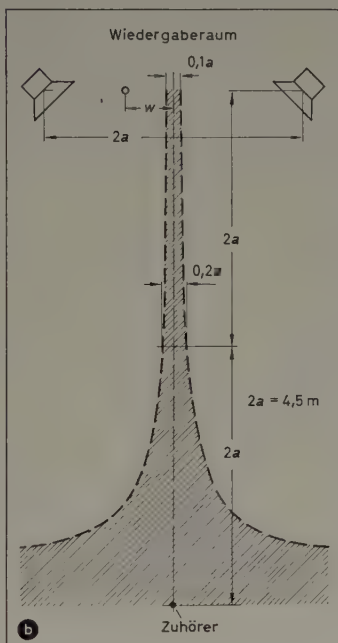


Bild 13. Verschiebung einer fiktiven Schallquelle auf der Lautsprecherbasis in Abhängigkeit vom Aufnahmewinkel und vom Mikrofonabstand (nach de Boer) ▼

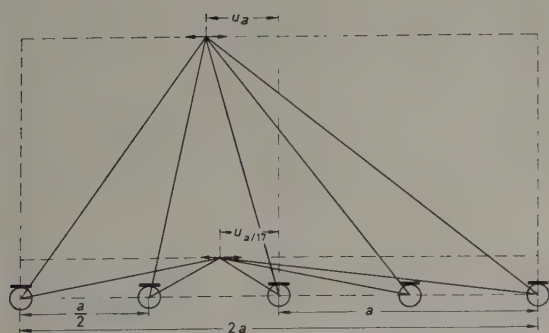
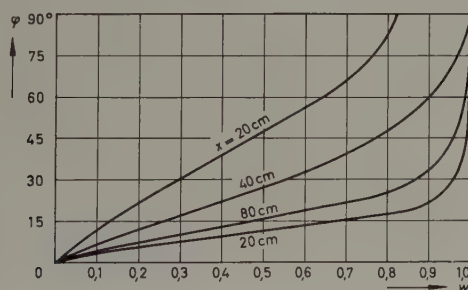


Bild 14. Aufstellung der Mikrofone und ihre Lage zur Schallquelle ( $u_a$  = Auswanderung einer Schallquelle von der Hauptachse im Abstand a von der Mikrofonverbindungslinie),  $u_{a/17}$  = Auswanderung einer Schallquelle von der Hauptachse im Abstand  $a/17$  von der Mikrofonverbindungslinie) ◀

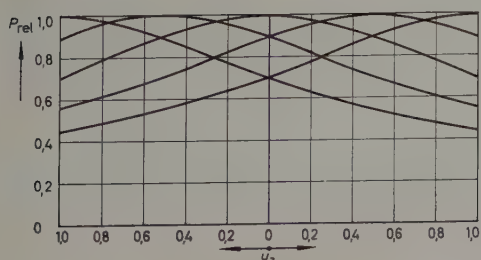


Bild 15 (links unten). Schalldruckverteilung bei der Aufnahme mit zwei, drei und fünf Mikrofonen

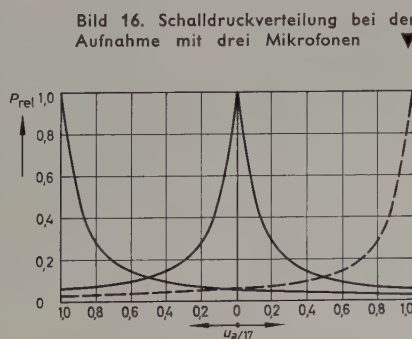


Bild 16. Schalldruckverteilung bei der Aufnahme mit drei Mikrofonen ▼

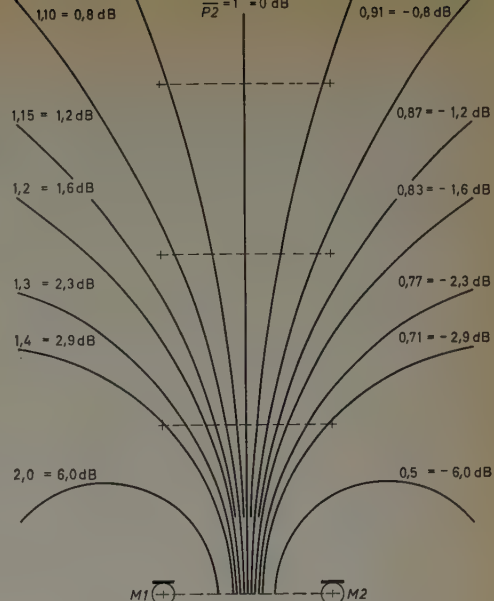


Bild 17. Ortskurven gleichen Intensitätsverhältnisses bei Zweikanal-Stereophonie (Mikrofonabstand 1 m)

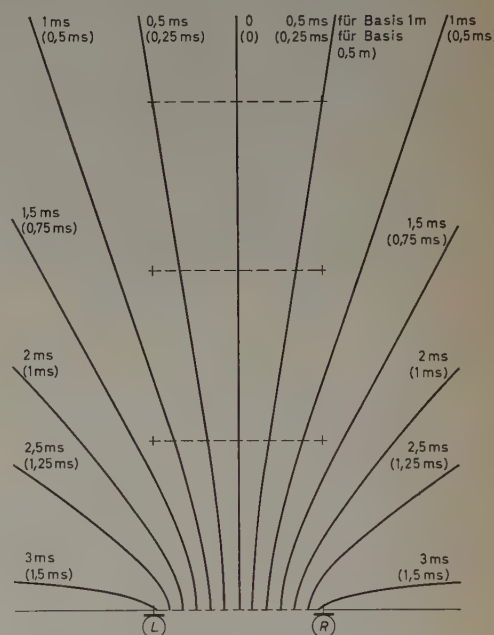
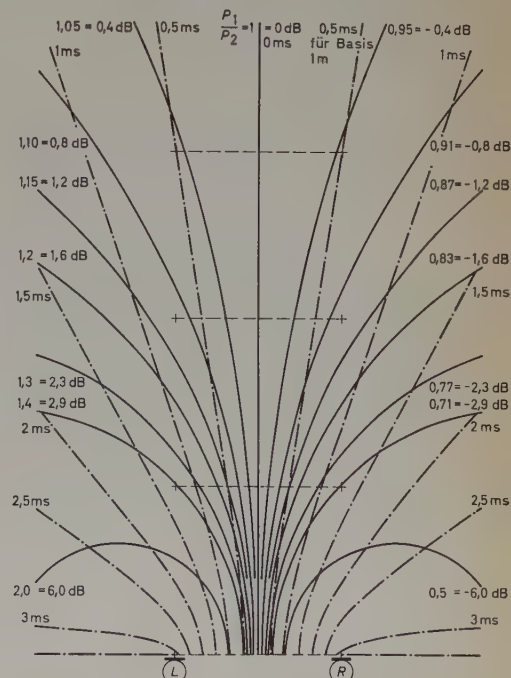


Bild 18. Ortskurven gleicher Laufzeitdifferenz bei der Zweikanal-Stereophonie (Mikrofonabstand 1 m, Klammerwerte für 0,5 m Mikrofonabstand)

Bild 19. Überlagerung der Felder Bild 17 u. Bild 18





Man erkennt, daß in den einzelnen Zonen Tiefenänderungen sich im wesentlichen nur als Unterschiede der Gesamtlautstärke äußern. Das dürfte ein Grund für die bereits von Steinberg und Snow bemerkte geringe Tiefenortungsempfindlichkeit bei der Zweikanal-Stereophonie sein. Interessant ist auch, daß auf der Basislinie der Mikrofone die Kurven für 1 ms und 6 dB Intensitätsunterschied sich berühren, jene Relation, die von de Boer experimentell ermittelt wurde.

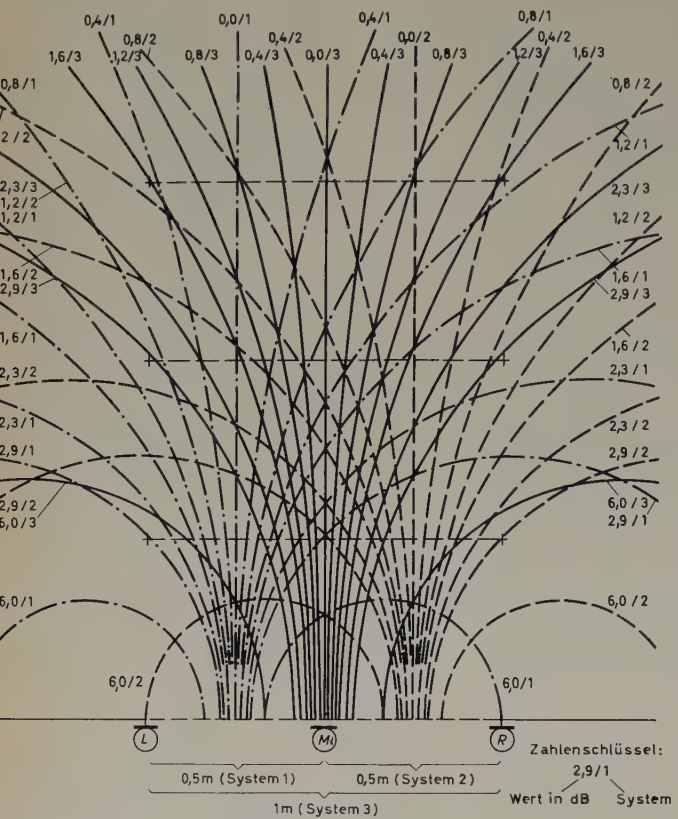


Bild 20. Ortskurven gleichen Intensitätsverhältnisses bei der Dreikanal-Stereophonie

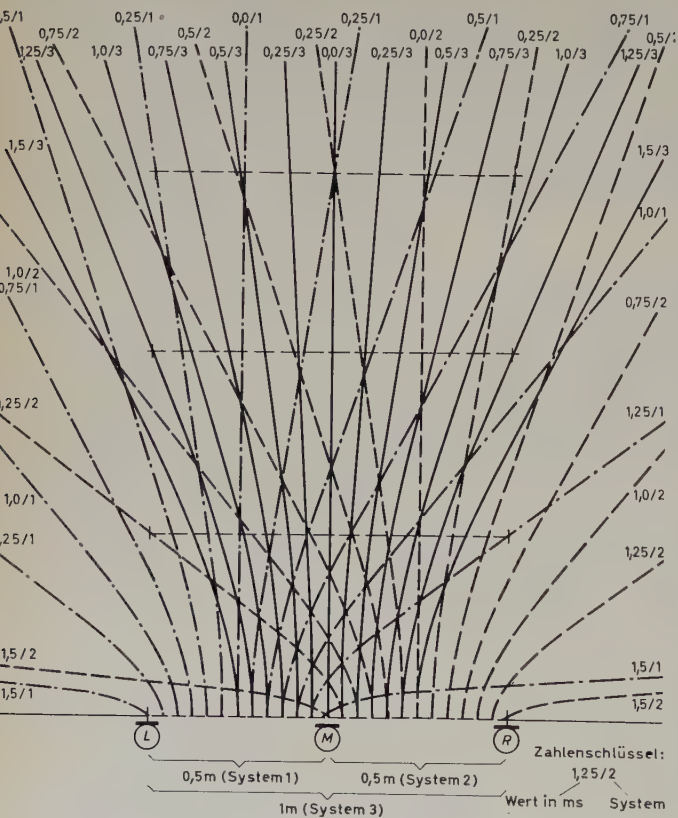


Bild 21. Ortskurven gleicher Laufzeitdifferenz bei der Dreikanal-Stereophonie

Man kann nun aber jede Mehrkanal-Stereophonie als ein Verbundsystem von mehreren Zweikanal-Einheiten auffassen. Dann ergibt sich für Dreikanal-Stereophonie für die Punkte gleicher Intensität Bild 20 und für die Laufzeitdifferenz eine Kurvenschar, die im Bild 21 dargestellt ist. Hier entspricht jedem Punkt bei der akustischen Abbildung eine bestimmte Verteilung der Gesamtenergie auf die Einzellautsprecher.

Auf der Wiedergabeseite muß darauf geachtet werden, daß die Lautsprecher in genügender Entfernung voneinander aufgestellt werden. Die Entfernung soll jedoch nicht zu groß sein, da bei zu großem Lautsprecherabstand die Wiedergabe zerfällt, ohne daß ein Raumeindruck entsteht. Der Zuhörer glaubt, die Darbietung aus verschiedenen Effektlautsprechern zu hören. Diese Erscheinung läßt sich gut mit den Problemen der Stereophotografie vergleichen. Wird bei stereoskopischen Bildern die Basis zu klein gewählt, so entsteht ein unbefriedigender Raumeindruck, bei zu großer stereoskopischer Basis tritt dagegen eine Verschmelzung der beiden Halbbilder nicht mehr ein, und es entstehen Doppelbilder; Stereobasis und Raumtiefe sind also miteinander gekoppelt.

Stereophonische Anlagen müssen sorgfältig auf Freiheit von Phasendrehungen von 180° — in der Praxis meist als Verpolung bezeichnet — untersucht werden. Das gilt nicht nur für die Lautsprecher. Verpolungen in einem Stereo-System sind speziell bei Mitteneindrücken leicht zu hören, die ganze Wiedergabe scheint verzerrt zu sein, die tiefen Frequenzen scheinen geschwächt, und in den Ohren entsteht ein unangenehmes Druckgefühl.

Zum Erreichen eines guten stereophonen Raumeindrucks sind der Abstand der Zuhörer von der Verbindungslinie der beiden Lautsprecher sowie der Abstand von der Mittelsenkrechten von großer Bedeutung. Es ist ratsam, als Mindestentfernung der Zuhörer von der Lautsprecherbasis deren zwei- bis dreifachen Wert anzusetzen. Für die Zweikanal-Stereophonie ist gemäß Bild 22 die Fläche guter stereophoner Hörsamkeit von zwei Hyperbeln begrenzt, deren Brennpunkte die Lautsprecher sind. Im schalltoten Raum hat die Fläche auf der Verbindungslinie der beiden Lautsprecher eine Breite von 25 cm, die sich im Abstände der Lautsprecherbasis auf 50 cm erhöht. Art, Zahl und Aufbau der für die Stereophonie maßgeblichen Hochtönlautsprecher beeinflussen die Zone der guten stereophonen Hörsamkeit. Auf der Tonmeistertagung in Detmold im Herbst 1954 wurde eine Vergleichsvorführung durchgeführt, wobei einmal zwei normale Lautsprecherkombinationen in einem etwas halligen Räume, zum anderen zwei Kugellautsprecher in einem etwas gedämpfteren Räume für zweikanalige Stereophonie verwendet wurden. Die Zone guter stereophoner Hörsamkeit war im ersten Falle schmal, im zweiten Falle dagegen breiter, außerdem sprang das Hörbild bei bewegten Szenen nicht spontan von einer Seite zur anderen. Versuche von Kuhl und Zosel ergaben, daß man zwar jedem Kanal einige räumlich verteilte Lautsprecher zu-

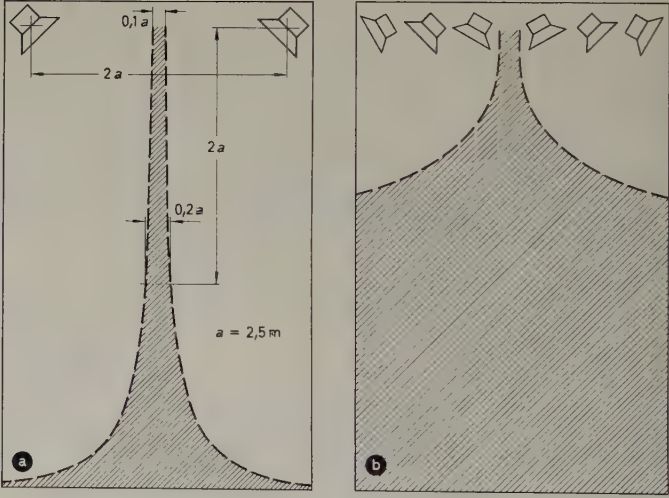


Bild 22. Zone gleicher stereophoner Hörsamkeit bei der Zweikanal-Stereophonie; a) normal, b) erweitert

ordnen, jedoch die Lautsprecherachsen nicht kreuzen sollte, damit die Energie der Schallrückwürfe der Seitenwände größer als die den Zuhörer direkt treffende Schallenergie ist.

Bei der Auffassung der Mehrkanal-Stereophonie als ein Verbundsystem von mehreren Zweikanal-Einheiten ist jeder Einheit eine Fläche optimaler stereophoner Hörsamkeit zugeordnet. Im Bild 23 ist ein derartiges System für die Dreikanal-Stereophonie aufgezeigt, die Gebiete zwischen den einzelnen Hörflächen bilden Zwischenzonen mit weniger günstigen Höreigenschaften.

Es sei noch kurz ein Effekt beschrieben, der von de Boer erstmalig genannt wurde. Es handelt sich hierbei um das Abhören eines Schallbildes, das von den Lautsprechern phasen- und intensitätsgleich abgestrahlt wird, also auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Lautsprechern



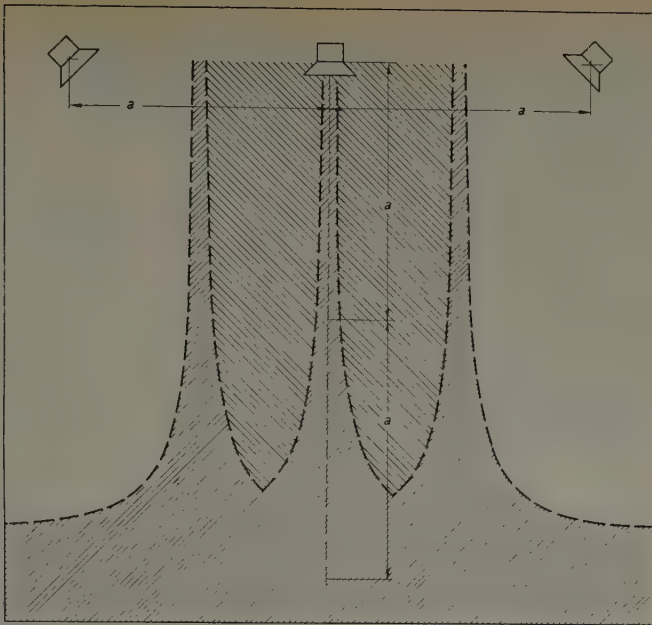


Bild 23. Hörfläche bei der Dreikanal-Stereophonie, die als Verbundsystem von drei Zweikanal-Stereophoniezügen aufgefaßt wird

zu hören sein sollte. Es wurde aber festgestellt, daß eine Lokalisierung einwandfrei die Lage der Schallquelle oberhalb der Verbindungslinie bestimmte. Je mehr sich der Zuhörer entlang der Symmetrielinie auf die Lautsprecher zu bewegte, verschob sich das wahrgenommene Klangbild immer weiter nach oben. Stand endlich der Zuhörer zwischen den Lautsprechern, so schien der Schall fast senkrecht von oben zu kommen. Der Verfasser hatte eine ähnliche Erscheinung beim Abhören der Effektlautsprecher im Mischatelier schon beobachtet. Diese Lautsprecher befanden sich oberhalb der Zuhörer rechts und links an den Seitenwänden. Beim Abhören von Schallereignissen wurde einwandfrei festgestellt, daß sie ihren scheinbaren Sitz über dem Zuhörer, etwas zurückliegend, hatten.

## 6. Vorführbedingungen im Lichtspieltheater

Stereophone Darbietungen können — nicht einwandfrei vorgeführt — größere Enttäuschung als einkanale bereiten. Wenn die Vorführbedingungen einer monauralen Aufnahme hinsichtlich der Lautstärke und des Wiedergabefrequenzganges in das Grenzgebiet zwischen physikalischer Notwendigkeit und persönlichem Geschmack fallen, besteht bei der Stereophonie das Erfordernis des Abgleiches zwischen den einzelnen Kanälen. Wenn sich bei einer einkanalen Apparatur die genannten Komponenten im Laufe des Betriebes ändern, mag dies in tragbaren Grenzen liegen, bei der Stereophonie wird die Änderung eines Kanals — und die Wahrscheinlichkeit spricht nicht für die gleichzeitige Änderung aller Kanäle im gleichen Sinne — stets hörbar und ergibt ein untragbares Hörbild. Ein Bekannter des Verfassers berichtete kürzlich, daß ihm die Beurteilung der Richtungskomponente während der Vorführung in einem Theater nicht schwergefallen wäre. Dominierte der rechte Kanal, klang es scharf und hell, beim mittleren dumpf, und auf der linken Seite war es überlaut. Hinzu kam noch, daß der Effektkanal viel zu laut ausgesteuert war, wodurch das Mischungsverhältnis gestört wurde. Derartige Eindrücke führen zu recht negativen Beurteilungen des stereophonen Verfahrens und sind seiner weiteren Verbreitung nur hinderlich.

Sieht man von elementaren Fehlern, wie vertauschten und verpolten Kanälen, ab, dann bleiben drei Fehler übrig, die das Hörbild unbefriedigend erscheinen lassen: das Springen des Tones von einem Lautsprecher zum anderen, die Ungleichheit der Grundpegel und die Verschiedenheit der Frequenzgänge. Es ist experimentell nachgewiesen worden, daß Pegelunterschiede von 2 dB bei Zweikanal-Stereophonie nicht überschritten werden dürfen, da größere Werte hörbare Ortsverschiebungen und damit Winkelfehler herbeiführen. Dieser Wert dürfte auch für Mehrkanal-Stereophonie gelten.

Um keine Phasenverzerrungen auftreten zu lassen, sollte der Phasengang in den Stereo-Kanälen keine größeren Differenzen als 15...20° haben. Dieser Wert gilt als anzustrebendes Optimum; für Dreikanal-Stereophonie sind höhere Werte zulässig.

Die Übersprechdämpfung hat ähnliche Erscheinungen wie die Zusammenfassung von Stereo-Aufnahmen zu einer einkanalen Aufnahme zur Folge. Liegt sie bei 15 dB, so treten Ortsfehler in Richtung des Mitten-eindrucks ein, erst bei 20 dB wird diese Verschiebung so klein, daß sie nicht bemerkbar ist. Man sollte eine Übersprechdämpfung über den ganzen Übertragungszug von etwa 35...40 dB anstreben.

Eine ständige Kontrolle mit zur Verfügung stehenden Prüffilmen würde die genannten Fehler auf ein erträgliches Maß reduzieren. Es wäre zu begrüßen, wenn diese Filme in Zukunft stärker als bisher eingesetzt würden.

## 7. Schlußbemerkung

Es hat sich gezeigt, daß die Betrachtung der Pseudo-Stereophonie genauso lohnenswert wie die der „echten“ Stereophonie ist, stellt letztere doch nur ein harmonisches Gleichgewicht der drei Einkomponenten-Stereophoniearten dar. Das gilt in erster Linie für ihre Betrachtung als physikalische Erscheinung; verfahrensmäßig sind sie nur als Hilfsmethoden anzusehen, und der „echten“ Stereophonie gebührt der unbedingte Vorrang, doch wird es auch in Zukunft nicht ausbleiben, Einkomponenten-Verfahren mit anzuwenden, zum Beispiel bei der Ausnutzung von monaural aufgenommenen Geräusch-Archivaufnahmen, Nachaufnahmen einzelner Sprecher und dergleichen. Wie es dem Regisseur und Kameramann freibleibt, mit Spitzlichtern und Nachteffekten zu arbeiten, so werden auch bei der tonlichen Bearbeitung Kunstgriffe zulässig sein müssen, die unter Zugrundelegung „echter“ Stereophonie bei rationaler Bearbeitung pseudo-stereophonische Verfahren zur Erzielung gewünschter Effekte einschalten, die sich in den künstlerischen Rahmen einfügen.

Die Stereophonie stellte sich Ende 1953 dem Kinobesucher und Ende 1958 dem Schallplattenfreund vor. Es ist nun der Zeitpunkt gekommen, da sich beide Verfahren von dem endgültigen Benutzer Gegenüberstellungen und Vergleiche hinsichtlich ihrer Wirkung gefallen lassen müssen. Da zu erwarten ist, daß die Stereophonie der Schallplatte auf breiter Ebene Fuß fassen wird, wird auch die Stereophonie im Lichtspieltheater einen neuen Auftrieb erhalten. Während die Schallplatten-Wiedergabeanlagen vorwiegend von Laienkräften bedient werden, liegt die Vorführung von Filmen in den Händen von technisch geschultem Personal, so daß schon aus diesem Grunde die Qualität der Vorführung von Filmen mit Stereoton ein Optimum erreichen müßte. Es ist dabei selbstverständlich, daß die tonliche Bearbeitung eines Filmes mit größter Sorgfalt erfolgt, nicht minder sorgfältig muß auch die technische Betreuung der Wiedergabeanlagen sein. Die Beurteilung einer stereophonen Darbietung durch den Theaterbesucher bezieht sich auf den Endzustand des Klangbildes, nach dem er sein Werturteil über das Verfahren in seiner Gesamtheit abgibt.

Echte Stereophonie ist dann erreicht, wenn dem Zuhörer während der Vorführung nichts Besonderes auffällt — nichts Besonderes in dem Sinne, daß er die gewohnten Schalleindrücke des täglichen Lebens zugrunde legt, aus denen er seine Rückschlüsse auf Ort und Art der Schallquellen zieht.

## Schrifttum

- [1] Warneke, H.: Der technische Stand der Stereophonie (Vortrag). Kinotechnik Bd. 20 (1938) Nr. 12, S. 313–316
- [2] de Boer, K.: Plastische Klangwiedergabe. Philips techn. Rdsch. Bd. 5 (1940) Nr. 5, S. 108–115
- [3] de Boer, K.: Versuche mit Stereophonplatten. Philips techn. Rdsch. Bd. 5 (1940) Nr. 6, S. 119–123
- [4] de Boer, K.: Stereophonische Aufnahmen auf Philips-Miller-Film. Philips techn. Rdsch. Bd. 6 (1941) Nr. 3, S. 135–140
- [5] de Boer, K.: Eine merkwürdige Erscheinung bei stereophonischer Klangwiedergabe. Philips techn. Rdsch. Bd. 9 (1947) Nr. 1, S. 8–13
- [6] de Boer, K.: Räumliche Schallabbildung. Philips techn. Rdsch. Bd. 8 (1946) Nr. 2, S. 51–56
- [7] Reichardt, W.: Grundlagen der Elektroakustik, S. 313ff. Leipzig 1952, Akadem. Verlagsgesellsch. Geest & Portig
- [8] Stereophonie und plastischer Film. Philips Kinotechnik (1952) Nr. 2, S. 22; Nr. 3, S. 12–18; Nr. 4, S. 3–7
- [9] Kietz, H.: Das räumliche Hören. Acustica Bd. 3 (1953) S. 73–86
- [10] Die vierte Tonspur. Philips Kinotechnik (1954) Nr. 8, S. 13–14
- [11] Cordonnier, J.: Les méthodes de reproduction stéréophonique et leur application à l'enregistrement cinématographique (Vortrag). Actes du Colloque International. Les Techniques Nouvelles appliquées au Cinéma, Paris (1955) 12–16 mai
- [12] Perspecta — Stereophonischer Ton und der Philips-Integrator. Philips Kinotechnik (1955) Nr. 13, S. 8–9
- [13] CinemaScope — eine Übersicht. Philips Kinotechnik (1955) Nr. 15, S. 3–27
- [14] Kuhl, W., u. Zosel, J. M.: Untersuchungen zur Pseudostereophonie und Stereophonie mit Kugellautsprechern und „Raumklang“-Geräten. Acustica Bd. 6 (1956) S. 474–481
- [15] Schodder, G. R.: Vortäuschungen eines akustischen Raumeindrucks. Acustica Bd. 6 (1956) S. 484–488
- [16] Petzoldt, H.: Elektroakustik, S. 146ff. Leipzig 1957, Fachbuchverl.
- [17] Jensen, H.: Einbeziehung des Kinobesuchers in die Filmhandlung. Philips Kinotechnik (1957) Nr. 24, S. 63–66
- [18] Katzfey, W., u. Schröder, F.-K.: Die Grundlagen des stereophonen Hörens. radio mentor Bd. 24 (1958) Nr. 6, S. 377–381
- [19] Schlechtweg, W.: Stereophone Schallaufnahmen. Elektrot. Z.-B. Bd. 10 (1958) Nr. 6, S. 240–242
- [20] Stereophonische Aufnahme und Wiedergabe von Schall. Funk-Technik Bd. 13 (1958) Nr. 11, S. 364–366
- [21] Schlechtweg, W.: Stereophonische Wiedergabe-Technik. Funkschau Bd. 30 (1958) Nr. 11, S. 275–276

(eingegangen am 3. Juni 1959)



## Leistungsschau der Elektroindustrie

DK 621.312:061.4

Die diesjährige *Deutsche Industrie-Messe Hannover* stand betont im Zeichen des technischen Fortschritts. Vor allem auf dem Gebiet der Elektronik war deutlich die Tendenz erkennbar, Meß- und Fertigungsvorgänge weitgehend zu automatisieren. Demzufolge boten noch mehr Aussteller als im vergangenen Jahr Anlagen, Bausteine und Bauelemente für diesen Anwendungsbereich an. Mehr und mehr setzt sich auch der Gedanke durch, sich des Baustein-Systems zu bedienen, um aus in größeren Stückzahlen vorfabrizierten Bausteinen die den jeweiligen Aufgaben entsprechenden Anlagen zusammenzustellen. Daneben nahmen wiederum die Anlagen zur Datenverarbeitung sowie die Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik breiten Raum ein.

Die wohl einmalige Konzentration und Branchengliederung des Angebotes auf 275 000 m<sup>2</sup> Hallenfläche und 150 000 m<sup>2</sup> Freigelände hat die uneingeschränkte Anerkennung des In- und Auslandes gefunden. Mit dieser Fläche steht die *Deutsche Industrie-Messe Hannover* nach den von der *Union des Foires International*, Paris, herausgegebenen Statistiken an der Spitze aller vergleichbaren Veranstaltungen in der Welt. Es stellten in diesem Jahr etwa 4600 Firmen aus (1958: 4300 Firmen). Davon ist die Industrie-Gruppe Maschinenbau mit rund 1400 Unternehmen am stärksten vertreten. Es folgt die Elektro-Industrie mit über 1200 Firmen. An der Spitze der ausländischen Hersteller steht Frankreich mit 145 Firmen, gefolgt von Österreich (112), Großbritannien und den USA (je 87), der Schweiz (75), Schweden (59), den Niederlanden (49) und Belgien (40). Einkäufer wurden aus 93 Ländern registriert, und ihre Zahl erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um 11 Prozent.

Die französische Elektro-Industrie war in Hannover mit über 70 Herstellern vertreten. Sie demonstrierte u. a. ihre Leistungsfähigkeit auf dem Gebiet der Relais, auf dem die französische Elektro-Industrie eine beachtenswerte Rolle spielt. Daneben zeigte Frankreich bemerkenswerte Entwicklungen von Meß- und Kontrollgeräten, Halbleiter-Gleichrichtern sowie von Geräten und Zubehöerteilen für die Elektronik.

Aus der UdSSR hielt sich eine Delegation unter der Leitung von Minister Maksarev während der ganzen Messe in Hannover auf. Weitere sowjetische

Sonderdelegationen besichtigten eingehend die Messe und führten zahlreiche Gespräche mit den einzelnen Firmen.

Nach Mitteilung des *Zentralverbandes der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI)* unterbreiteten die Firmen dieses Industriezweiges ein nahezu lückenloses Angebot dieses vielfältigen Produktionszweiges der modernen Wirtschaft. Nach dem Urteil von Fachleuten schließt die Messe in Hannover die zur Zeit größte Elektroschau der Welt ein. Mit einem Jahresumsatz 1958 von rund 15,4 Milliarden DM (Zuwachsrate gegenüber 1957: 11 Prozent) nimmt die Elektro-Industrie nach dem Maschinenbau und der Chemie den dritten Platz unter allen Industriezweigen der Bundesrepublik ein. Der Export an elektrotechnischen Erzeugnissen konnte 1958 gegenüber 1957 um nahezu 7 Prozent gesteigert werden und erreichte einen Wert von 3,3 Milliarden DM. Etwa 22 Prozent der Produktion gingen auf den Weltmarkt, wo sie mit 23 Prozent Anteil nach den USA an zweiter Stelle liegt. An der Spitze der Produktion liegen 1958 mit 32 Prozent Zunahme gegenüber 1957 und einem Produktionswert von 1745,3 Mill. DM die Rundfunk- und Fernsehempfangsgeräte und -einrichtungen (vgl. auch Jahresbericht 1958 der *Fachabteilung Rundfunk und Fernsehen im ZVEI* im Heft 5/1959, S. 193). Elektroakustische Geräte erreichten 622,7 Mill. DM (+12 Prozent), Meßgeräte, Regel- und Steuerungseinrichtungen 539,9 Mill. DM (+20 Prozent), Röhren und Halbleiter 344,2 Mill. DM (+38 Prozent). Der Auftragszugang der Elektro-Industrie insgesamt lag im Durchschnitt des Jahres 1958 um nahezu 8 Prozent über dem des Vorjahres.

Gleichzeitig mit der *Deutschen Industrie-Messe Hannover 1959* veranstaltete der *Bundesverband der Deutschen Luftfahrt-Industrie* gemeinsam mit der *Deutschen Ausstellungs- und Messe-AG* auf dem Flughafen Hannover-Langenhagen eine Ausstellung von Luftfahrtgerät. In diesem Jahr besuchten 107 Aussteller (1957: 57 Firmen) die *Deutsche Luftfahrtschau 1959*, auf der Luftfahrtgerät, Luftfahrtausrüstung und -zubehör gezeigt wurden. Ein Blick auf die Bordausrüstungen zeigte, wie auch hier die elektronische Technik im Vordringen ist. Daneben spielt die Elektronik auch in der Datenspeicherung und -verarbeitung sowie in allen mit der Flugsicherheit zusammenhängenden Fragen eine große Rolle.

## Digitale Daten- und Informationsverarbeitung

DK 681.142-83:061.4

Die *Deutsche Industrie-Messe Hannover* ist in den letzten Jahren in zunehmendem Maße auch zu einer Leistungsschau der Hersteller datenverarbeitender Systeme geworden. Waren es noch vor wenigen Jahren hauptsächlich die Großrechenanlagen und deren Einsatz im Bereich der Wirtschaft, die in Hannover demonstriert wurden, so ist jetzt festzustellen, daß auch in Deutschland das Interesse für Anwendungen im Bereich der Wissenschaft und Technik immer größer wird. Neben den Giganten der elektronischen Rechentechnik finden kleine und mittlere Anlagen zunehmendes Interesse, und es ist mit Befriedigung festzustellen, daß die anfängliche Scheu vieler Ingenieure, sich dieser Technik als Hilfsmittel zu bedienen, offenbar im Abklingen ist. Der nachfolgende Bericht soll eine Reihe interessanter Konstruktionen aus dem Bereich der Digitalrechner vorstellen.

### Digitalrechner „2002“

Der Digitalrechner „2002“ ist die erste Ausbaustufe des elektronischen Datenverarbeitungssystems von *Siemens & Halske*. Es handelt sich um einen programmgesteuerten elektronischen Rechner hoher Operationsgeschwindigkeit mit einem Magnetkernspeicher großer Kapazität als Arbeitsspeicher und einem Magnettrommelspeicher als Zubringerspeicher. Die Ein- und Ausgabe erfolgt über Lochstreifen. Der Digitalrechner „2002“ ist eine dezimal arbeitende Maschine, bei der die Dezimalziffern auf vier parallelen Kanälen durch vierstellige Binärzahlen (Tetraden) im 3-Exzeß-Code verschlüsselt werden. Die einzelnen Dezimalziffern werden in Serie verarbeitet. Je 12 Dezimalziffern bilden zusammen mit einem Vorzeichen ein Wort. Ein Wort kann von der Maschine in vier grundsätzlich verschiedenen Bedeutungen interpretiert werden, und zwar als Befehl, als zwölfstellige Festkommazahl, als Gleitkommazahl und als alpha-numerischer Ausdruck.

Der „2002“ hat als Arbeitsspeicher einen schnellen Magnetkernspeicher für 2000 Worte und als Zubringerspeicher einen Magnettrommelspeicher für 10 000 Worte. Da die Zugriffszeit zum Speicher die Operationsgeschwindigkeit eines Rechners entscheidend bestimmt, wurde der Arbeitsspeicher sehr groß gewählt. Dadurch werden häufige Übertragungen zwischen Zubringerspeicher und Arbeitsspeicher vermieden. Zwischen dem Magnettrommelspeicher und dem Magnetkernspeicher lassen sich Informationsblöcke frei wählbarer Länge übertragen.

Das Rechenwerk führt vollautomatisch die vier arithmetischen Grundoperationen mit Fest- und Gleitkommazahlen, Stellenversetzungen sowie Komplement- und Betragsbildungen aus. Multiplikation und Division werden durch festverdrahtete Steuerungen auf Additionen oder Subtraktionen zurückgeführt. Zum Beschleunigen dieser Operationen dienen Multiplikations- und Divisions-Addierwerke, die Vielfache der Multiplikatoren und Divisoren bereitstellen (Schnell-Multiplikation und Schnell-Division). Das Resultat einer Festkomma-Multiplikation wird 24stellig, die Mantissen der

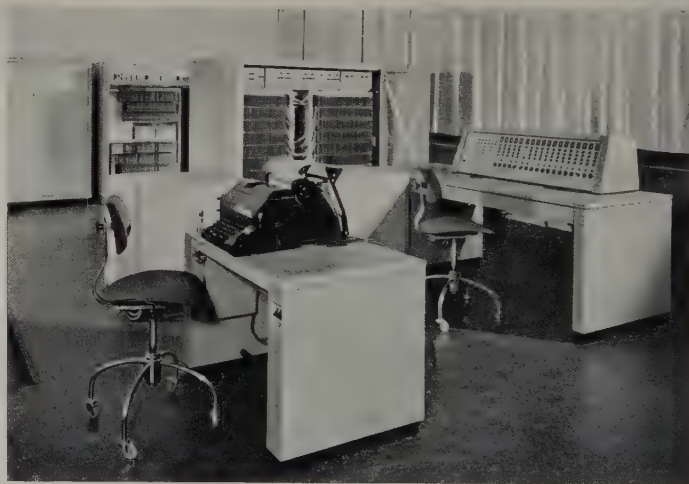


Bild 1. Siemens-Digitalrechner „2002“ (im Hintergrund Arbeitsspeicher, Rechen- und Steuerwerk, geöffnet)

Resultate von Gleitkomma-Addition, -Subtraktion und -Multiplikation werden 20stellig ermittelt. Diese Eigenschaft erlaubt eine wesentliche Vereinfachung des Programmierens mit doppelter Rechengenauigkeit. Das Rechnen mit gleitendem Komma bringt gegenüber dem Arbeiten mit Festkommazahlen eine wesentliche Erleichterung, da der Zahlenbereich bei Zwischenresultaten nicht berücksichtigt zu werden braucht. Der Digitalrechner „2002“ ist deshalb so konstruiert, daß vollautomatisches Rechnen mit gleitendem Komma möglich ist.

Das Steuerwerk steuert den Informationsfluß innerhalb der Gesamtanlage. Eine wichtige Aufgabe des Steuerwerkes ist das Steuern von Adressen-Modifikationen, die für eine flexible Programmierung unerlässlich sind. Eine Adressen-Modifikation liegt vor, wenn die Adresse der Speicherzelle, aus der die Maschine ein zu verarbeitendes Wort entnehmen soll, nicht — wie gewöhnlich — im Adressenteil des zugehörigen Befehls steht, sondern erst ermittelt werden muß. Im Befehlszähler steht die Adresse des jeweils auszuführenden Befehls. Sein Inhalt wird nach jedem Programmschritt um eins erhöht, so daß im Normalfall die Befehle in natürlicher Reihenfolge aufgerufen werden. Eine Ausnahme hiervon bilden die Sprung-



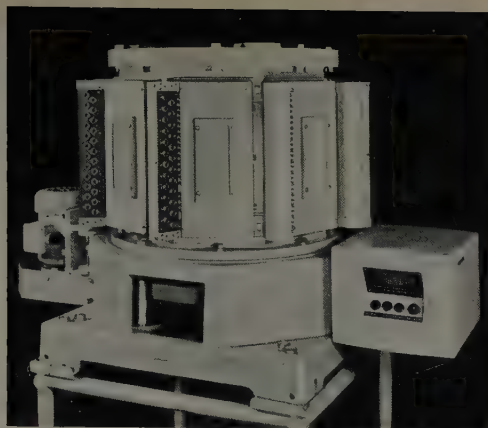


Bild 2. Magnet-  
trommelspeicher  
für den Digital-  
rechner „2002“

befehle, die es erlauben, an jeder beliebigen Stelle im Programm fortzufahren. Sprünge können auch in Abhängigkeit von Resultaten durchgeführt werden. Der Digitalrechner „2002“ ermöglicht auch Sprungbefehle, die von Resultaten in den Indexregistern abhängen. Eine Anwendungsmöglichkeit ist beispielsweise die Benutzung der Indexregister als Zyklenzähler, die u. a. bei Iterationsverfahren benutzt werden, wenn eine geforderte Rechengenauigkeit nur von der Anzahl der Iterationsschritte abhängt.

Im Bedienungspult sind alle Anzeigen, Schalter und Tasten zusammengefaßt, die für den Betrieb und die Überwachung des Rechners notwendig sind. Befehle und Zahlen lassen sich in die wichtigsten Register oder in eine beliebige Speicherzelle von Hand eingeben. Auf Lampenfeldern kann der Inhalt der Register des Rechen- und Steuerwerkes angezeigt werden, ebenso der Inhalt einer beliebigen Speicherzelle.

Zur Ein- und Ausgabe von Informationen dienen nach dem internationalen 5er-Code arbeitende Lochstreifengeräte. Zahlen, Adressen und Befehle werden mit einem schnellen Lochstreifen-Abtaster (400 Zeichen/s) eingegeben und Resultate von einem Streifenlocher (20 Zeichen/s oder 50 Zeichen/s) gelocht. Über eine besondere Anschlußeinheit kann die Ein- und Ausgabe auch durch Lochkartenmaschinen erfolgen. Ebenso ist die Ein- und Ausgabe über Magnetbänder möglich. Als Ausgabegerät läßt sich auch ein Schnelldrucker anschließen.

Die Dezimalziffern eines Wortes werden in einem zeitlichen Abstand von  $5 \mu s$  (200 kHz Taktfrequenz) in Serie verarbeitet. Alle Operationszeiten sind ganzzahlige Vielfache einer „elementaren Rechenzeit“ ( $90 \mu s$ ). Das Lesen des Befehls aus dem Arbeitsspeicher und das Interpretieren im Steuerwerk erfordern eine elementare Rechenzeit. Diese Zeit wird nicht benötigt, wenn die Operationszeit des vorhergehenden Befehls länger als  $90 \mu s$  ist. Adressen-Modifikationen über Indexregister sowie die Interpretation der Substitutions-, Runde- und Markierungszeichen erfordern keine zusätzliche Zeit.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß man bei wissenschaftlichen und technischen Aufgaben im Mittel 50 Prozent Übertragungs- und Sprungbefehle, 25 Prozent Additionen und Subtraktionen und 25 Prozent Multiplikationen annehmen kann. Mit diesen Anteilen ergeben sich einschließlich Lesen und Interpretieren der Befehle als mittlere Operationsgeschwindigkeit für den Digitalrechner „2002“ 2200 Op/s für Festkomma-Operationen und 1850 Op/s für Gleitkomma-Operationen.

### Elektronischer Rechenautomat „Zebra“

Elektronische Rechanlagen waren für viele Anwendungszwecke bisher zu aufwendig und damit zu teuer. Der von der *Standard Elektrik Lorenz AG* gezeigte Rechenautomat „Zebra“ der englischen Schwestergesellschaft *Standard Telephones and Cables Ltd.*, London, ist ein leistungsfähiger Rechner mittlerer Größe, der alle wesentlichen Kennzeichen der Großrechner hat, jedoch wegen seines Preises und der niedrigen Betriebskosten auch für wissenschaftliche Institute und industrielle Forschungs- und Entwicklungsabteilungen mittlerer Größe in Frage kommt.

Der Rechner besteht aus der Recheneinheit, dem Bedienungspult und der Stromversorgungseinheit. Die Recheneinheit (computer cubicle) enthält das Speicherwerk, das Rechenwerk und das Steuerwerk sowie Überwachungs- und Prüfeinrichtungen. Rechenwerk und Steuerwerk bauen sich aus Steckeinheiten auf, die die elektronischen Funktionsgruppen enthalten. Sie sind teils mit Elektronenröhren, teils mit Transistoren bestückt. Transistoren werden beispielsweise zum Ansteuern der Trommelspuren benutzt.

Das Speicherwerk enthält eine Magnettrommel (mittlere Zugriffszeit 5 ms) mit 256 Spuren, von denen jede 32 Wörter speichert. Zur Speicherung von Informationen stehen 6000...7000 Speicherplätze mit je 33 Binärstellen zur Verfügung, je nachdem, ob das Ein-/Ausgabeprogramm im „Normal-Code“ oder „Simple-Code“ den restlichen Speicherraum auf der Trommel beansprucht. Außerdem stehen auf der Trommel 15 dynamische Schnellspeicher von je einer Wortlänge (33 Binärstellen) zur Verfügung. Jeweils eine mit zwei um eine Wortlänge gegeneinander versetzten Magnetköpfen versehene Spur bildet einen Schnellspeicher (Zugriffszeit = Wortzeit =  $0,312 \mu s$ ).

## TELEFUNKEN

Entwicklungsstellen der Industrie erhalten auf Anforderung Druckschriften mit genauen technischen Angaben.

### Glimmstabilisatoren

Glimmstabilisatoren werden heute nur noch für eine Glimmstrecke gebaut. Die Kleinheit der modernen Glimmröhre gestattet bei Erfordernis mehrerer in Reihe liegender Glimmstrecken die Kombination einer entsprechenden Zahl einzelner Röhren.

Technische Daten:		STV 85/10 (OG 3)	STV 108/30 (OB 2)	STV 150/30 (OA 2)	
Brennspannung	$U_B$	83 ... 87	106 ... 111	144 ... 164	V
(bei mittl. Brennstrom)	$I_{Bm}$	6	17,5	17,5	mA
Stromregelbereich	$I_{Bmin}$	1	5	5	mA
	$I_{Bmax}$	10	30	30	mA
Max. Zündspannung	$U_{zmax}$	125	127	180	V
Innenwiderstand (bei $I_{Bm}$ )	$R_i$	280	100	100	Ohm
Spannungsänderung					
(bei $I_{Bmin}$ ... $I_{Bmax}$ )	$U_B$	4	3,5	6	V

TELEFUNKEN  
RÖHREN-VERTRIEB  
ULM - DONAU



# EROFOL II



Als erste Firma in Deutschland brachten wir vor mehreren Jahren Kondensatoren mit Polyesterfolie als Dielektrikum unter der Bezeichnung EROFOL-Kondensatoren auf den Markt. Neben diese Ausführung, die besonders im kommerziellen Bereich Verwendung gefunden hat, tritt nun der Typ EROFOL II, der für Rundfunk und Fernsehen bestimmt ist.

Dieser Kondensator zeichnet sich aus durch:

**kleinste Abmessungen** - durch Verwendung von Polyester-Folien mit hoher Durchschlagfestigkeit sowie durch eine extrem raumsparende Konstruktion,

**weiten Temperaturbereich:** - 40 bis +85° C (bei entsprechendem derating bis +125° C)

**große Feuchtigkeitssicherheit** - durch sehr niedrigen Wasser-Absorptions-Koeffizienten der Folie in Verbindung mit einem aus Kunstharz gebildeten hydrophoben Überzug,

**Kontaktsicherheit** - durch eine durchgehende metallische Verbindung zwischen Belagfolie und Anschlußdraht,

**Induktionsarmut** durch besondere Konstruktion

**mechanische Widerstandsfähigkeit** - durch Überzug aus gehärtetem Kunstharz, der den Kondensator lötkolbenfest macht und gegen sonstige äußere Einflüsse weitgehend schützt.

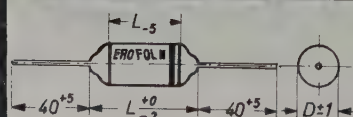
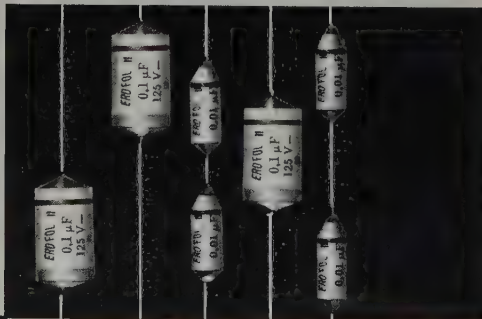
Kapazität	Listen-Nr.	Abm. 125 V - D x L	Listen-Nr.	Abm. 400 V - D x L
2200 pF	—	—	Hx 222/4	5,5 x 19
3300 pF	—	—	Hx 233/4	5,5 x 19
4700 pF	—	—	Hx 247/4	6 x 19
6800 pF	—	—	Hx 268/4	6,5 x 19
0,01 µF	Hx 310/1	5,5 x 19	Hx 310/4	7,5 x 19
0,015 µF	Hx 315/1	6 x 19	Hx 315/4	9 x 19
0,022 µF	Hx 322/1	7 x 19	Hx 322/4	10,5 x 19
0,033 µF	Hx 333/1	8 x 19	Hx 333/4	10,5 x 21,5
0,047 µF	Hx 347/1	9 x 19	Hx 347/4	12 x 21,5
0,068 µF	Hx 368/1	8,5 x 21,5	Hx 368/4	14 x 21,5
0,1 µF	Hx 410/1	10 x 21,5	Hx 410/4	12,5 x 31,5
0,15 µF	Hx 415/1	12 x 21,5	Hx 415/4	15 x 31,5
0,22 µF	Hx 422/1	11 x 31,5	Hx 422/4	17,5 x 31,5
0,33 µF	Hx 433/1	13 x 31,5	Hx 433/4	22 x 31,5
0,47 µF	Hx 447/1	13 x 31,5	Hx 447/4	22 x 41,5

Kapazitätstoleranz:  $\pm 20\%$ ,  $> 0,1 \mu F \pm 10\%$

Prüfspannung:  $2,5 \times U_N$

Isolationswiderstand: (bei 100 V -, + 20° C, nach 1 min)  
 $> 0,1 \mu F$  12000 sec  
 $< 0,1 \mu F$   $10^4 M\Omega$

Verlustfaktor:  $< 0,6\%$  bei 800 Hz u. 20° C



Das Rechenwerk enthält zwei Akkumulator-Register mit einer Länge von je 33 Binärstellen. Ein Akkumulator wird von jeweils einer Trommelspur mit zwei Magnetköpfen gebildet. Die Zugriffszeit beträgt wie bei den Schnellspeichern eine Wortzeit. Ferner gehört zu jedem Akkumulator eine Addier-Subtrahier-Einheit. Die beiden Akkumulatoren können getrennt oder zusammen arbeiten (Doppelwörter). Die Rechenzeiten für Addition und Subtraktion entsprechen einer Wortzeit (0,312 ms); für die Multiplikation werden 11 ms und für die Division 35 ms benötigt. Die durchschnittliche Operationszeit als Mittel über zahlreiche Programme ist 2 ms.

Der Trommelrechner „Zebra“ arbeitet serienmäßig. Zahlen werden dezimal eingegeben, intern in Binärzahlen umgerechnet und als Dezimalzahlen wieder ausgegeben. Die Wortlänge einschließlich Vorzeichen beträgt 33 Binärstellen. Ein Befehlswort besteht aus 15 Stellen Operationsangabe, 5 Stellen Schnellspeicheradresse und 13 Stellen Hauptspeicheradresse. Beide Adressen können als Operanden- oder Befehlsadressen benutzt werden. Der Rechner kann Doppelwörter verarbeiten und mit gleitendem Komma rechnen. Befehlsmodifikationen lassen sich mit Hilfe der Schnellspeicher vornehmen.

Die Ein- und Ausgabegeräte sind unmittelbar auf oder in dem Bedienungspult untergebracht. Ein Kontroll-Oszilloskop gestattet die laufende Überwachung der Speicher. Zur Ein- und Ausgabe werden Lochstreifen benutzt (Lochstreifenleser 200 Zeichen/s, Lochstreifenstanzer 50 Zeichen/s). Zur Einzelausgabe in lesbarer Form dient ein angeschlossener Blattschreiber (10 Zeichen/s). Die von dem Rechner verarbeiteten Informationen können auch in lesbarer Form direkt durch einen Mosaik-Schnelldrucker mit einer Leistung von maximal 100 Zeichen/s ausgegeben werden.

## Elektronischer Rechenautomat „ER 56“

Gegenüber dem Rechenautomat „Zebra“ ist der vom Informatikwerk der Standard Elektrik Lorenz AG entwickelte Rechenautomat „ER 56“ ein Rechner einer höheren Leistungsklasse, der sich infolge seiner hohen Flexibilität zum universellen Einsatz auf allen Gebieten eignet. Seine Systemstruktur ist gekennzeichnet durch den Elektronischen Koordinatenschalter, der den gleichzeitigen Ablauf verschiedener Operationen nebeneinander ermöglicht. Der Ferritkern-Arbeitsspeicher besteht aus mehreren, voneinander unabhängigen Teilspeichern, die der Elektronische Koordinatenschalter mit jedem der Werke des „ER 56“ verbindet. Dabei können mehrere solcher Verbindungen zwischen verschiedenen Teilspeichern und Werken gleichzeitig bestehen.

Das Kommandowerk stellt die elektronischen Durchschaltungen in den Kreuzungspunkten nach dem jeweiligen Rechenprogramm her und verhindert gegenseitige Störungen. Auf diese Weise können zum Beispiel neben der eigentlichen Rechnung Blockübertragungen zu und von Magnettrommel- und Magnetbandspeichern sowie die verschiedenen Eingabe- und Ausgabe-Operationen gleichzeitig und unabhängig voneinander ablaufen (Mehrgleisigkeit). Besondere Pufferspeicher sind hierfür nicht erforderlich, da die Teilspeicher des Arbeitsspeichers diese Funktion von Fall zu Fall übernehmen.

Die Befehle des „ER 56“ sind Einadreß-Befehle; sie werden in der Reihenfolge ihrer Speicherposition ausgeführt und haben die Länge eines Wortes (4 Stellen Adreßenteil, 1 Stelle Indexteil, 2 Stellen Operationsteil). Das Kommandowerk ruft die Befehle nacheinander aus dem Arbeitsspeicher ab, führt Adressenumrechnungen aus und prüft jeweils, ob das in den Befehlen angesprochene Werk und der Teilspeicher frei sind. Dann stellt es am Elektronischen Koordinatenschalter die Verbindung zwischen Werk und Teilspeicher her und veranlaßt die Ablaufsteuerung in dem betreffenden Werk, die Ausführung der betreffenden Operation zu übernehmen. Inzwischen ruft das Kommandowerk den nächsten Befehl auf, der neben dem vorhergehenden Befehl ausgeführt wird, wenn er ein anderes Werk und einen anderen Teilspeicher beansprucht. Auf diese Weise können zahlreiche Operationen gleichzeitig mit den eigentlichen Rechenoperationen ablaufen.

In das Kommandowerk ist ein Adressenrechenwerk eingebaut, das unabhängig vom Hauptrechenwerk Adressenumrechnungen und Operationen zur Organisation des Rechenablaufs ausführt. Es besteht aus einer Speichermatrix von 200 Ferritkernen, einem Schieberegister, einem Addier-Subtrahier-Werk und aus einer Ablaufsteuerung für 20 Befehle zum Rechnen mit den Indexregistern. Die Matrix gliedert sich in neun Indexregister und ein Rücksprung-Register.

Das Rechenwerk des „ER 56“ besteht aus einem Eingangsregister, einem Multiplizierkörper, mehreren Addierkörpern, Codewandlern, Komplementiereinheiten und Verzögerungseinheiten, einem 14stelligen Akkumulator als zentralem Ergebnisspeicher des Rechenwerks und einem 14stelligen Multiplikatorregister. Das Rechenwerk führt die vier Grundrechnungsarten bei festem Komma sowohl mit Zahlen von sechs Dezimalen plus Vorzeichen als auch mit Zahlen von 13 Dezimalen plus Vorzeichen aus. Die Multiplikationssteuerung ist mit Nullensprung versehen; Nullen im Multiplikator setzen nicht den normalen Teilablauf in Gang, sondern werden übergangen, so daß sich bei wenigstelligen Faktoren eine fühlbare Verkürzung der Multiplikationszeit ergibt. Für das Rechnen mit gleitendem Komma läßt sich ein Exponentenrechner einbauen.

Der Elektronische Koordinatenschalter stellt die Verbindungen zwischen den Werken und den Teilspeichern des Arbeitsspeichers in der jeweils erforderlichen Kombination her. Der kleinste Ausbau umfaßt drei Zeilen und drei Spalten, wobei eine Spalte „gesplittet“ ausgeführt ist. An eine gesplittete Spalte lassen sich zwei Werke anschließen, von denen das eine nur Eingabe-Funktion, das andere nur Ausgabe-Funktion hat. Das Bedienungspult des „ER 56“ besteht aus Tisch, Bedienungsfeld-Aufsatz und einer daran angeschlossenen Zehner-Tastatur.

Die Speicher des „ER 56“ sind permanente Speicher, so daß auch beim Abschalten des Rechenautomaten oder beim Ausfall des Stromnetzes die gespeicherte Information erhalten bleibt. Der Ferritkern-Arbeitsspeicher besteht aus mehreren voneinander unabhängigen Teilspeichern,





die auf Grund der besonderen Struktur des Gesamtsystems mehrere Aufgaben übernehmen können. Es stehen Teilspeicher für 200 oder 1000 Wörter zur Verfügung, die bis zu einer Maximalkapazität von 10000 Wörtern beliebig kombiniert werden können. Das Magnettrommel-Speicherwerk mit einer Kapazität von 12000 Wörtern dient als Ergänzungsspeicher. Die Übertragung von Informationen zu und von der Trommel erfolgt in Blöcken zu 20 Wörtern. Mit einem Befehl lassen sich bis zu zehn Blöcke übertragen. Die mittlere Zugriffszeit ist 10 ms. Als Ergänzungsspeicher großer Kapazität werden Magnetbandgeräte verschiedener Ausführung und Leistung benutzt, die über Steuereinheiten mit dem Elektronischen Koordinatenschalter verbunden werden. Über einen Multiplex-Schalter lassen sich auch mehrere Magnetbandgeräte an eine Steuereinheit anschließen. Das Hochleistungs-Bandgerät „FR-300“, eines der schnellsten auf dem Markt, arbeitet mit Spulen für 1000 Meter Magnetband von 1 Zoll Breite und hat eine Kapazität von etwa 2 Millionen Wörtern. Das Schreiben und Lesen erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 9000 Wörtern/s. Daneben stehen ähnliche Magnetbandgeräte normaler Leistung zur Verfügung. Außerdem gibt es für besondere Zwecke noch sogenannte Kurzband-Magnetbandgeräte, bei denen das Band nicht auf Spulen gewickelt ist, sondern lose in Behältern liegt. Sie sind für die Zusammenstellung von Massenspeichern großer Kapazität und relativ kurzer Zugriffszeit entwickelt worden und werden für die Speicherung großer Informationsmengen benutzt, die für eine Verarbeitungsaufgabe in nicht voraussehbarer Reihenfolge zugänglich sein müssen.

Zur Eingabe in den „ER 56“ wird ein photoelektrisch arbeitender Lochstreifenleser (400 Zeichen/s), zur Ausgabe auf Lochstreifen ein Stanzer (50 Zeichen/s oder 300 Zeichen/s) benutzt. Zur Eingabe 80spaltiger Lochkarten steht ein photoelektrisch arbeitender Kartenleser (400 Karten/min) zur Verfügung, zur Ausgabe auf 80stellige Lochkarten ein Stanzgerät (100 Karten/min). Druckergeräte verschiedener Leistung lassen sich an den „ER 56“ anschließen. Die höchste Druckleistung hat der nach dem Prinzip der kontinuierlich rotierenden Typenräder arbeitende Zeilen-Schnelldrucker (64 verschiedene Typen, bis zu sechs Durchschläge). Er ist für Breiten von 20...190 Stellen lieferbar und hat eine Druckleistung von maximal 15 Zeilen/s (54000 Zeilen/h). Ein einfacheres Gerät mit ebenfalls hoher Leistung ist der Mosaik-Schnelldrucker, der die verschiedenen Zeichen aus Punkten eines 5x5-Punktrasters zusammensetzt. Ein Druckkopf wandert in Zeilenrichtung an der Walze entlang und druckt dabei mit 25 Stiften ein Zeichen nach dem anderen mit einer Geschwindigkeit von 100 Zeichen/s, wobei Zwischenräume mit der doppelten Geschwindigkeit durchfahren werden. Die maximale Länge der Druckzeile beträgt 150 Zeichen, und es können 58 verschiedene Zeichen gedruckt und bis zu drei Durchschläge hergestellt werden.

#### Univac UCT-System

Diese elektronische Rechen- und Datenverarbeitungsanlage der *Remington Rand* verwendet ausschließlich moderne elektronische Bauelemente, wie z. B. Transistoren, Ferractoren, Magnetkerne sowie gedruckte Schaltungen. Das Univac-UCT-System besteht normalerweise aus vier Aggregaten: zentrales Rechenggerät, Schnell-Lesegerät, Lese- und Stanzeinheit und Schnelldrucker. Alle Geräte arbeiten unabhängig voneinander mit der ihnen eigenen Arbeitsgeschwindigkeit, so daß es möglich ist, mehrere Probleme gleichzeitig zu bearbeiten.

Das Univac-UCT-System verarbeitet numerische und alphabetische Informationen ausschließlich nach einem intern gespeicherten Programm. Die Eingabe der Lochkarten geschieht im Schnell-Lesegerät (max. 450 Karten/min) und gleichzeitig in einem kombinierten Ein- und Ausgabegerät, der Lese- und Stanzeinheit (max. 150 Karten/min). In jedem der beiden Eingabegeräte ermöglichen zwei Abfuhlstationen eine genaue Überprüfung der gelesenen Werte. Die durchlaufenden Karten können im Schnell-Lesegerät in drei, in der Lese- und Stanzeinheit in zwei Ablagefächer aussortiert werden.

Der UCT-Computer kann neben den vier arithmetischen Grundoperationen mehr als dreißig andere Operationen durchführen, so daß das System besonders anpassungsfähig ist. Die Verwendung neuartiger elektronischer Bauelemente (Ferractoren) läßt die sehr hohe Impulsfrequenz von 707 kHz zu, so daß der Univac UCT die Rechengeschwindigkeit von Großanlagen erreicht. Die Daten werden im Computer durch einen binären Code dargestellt. Eine kontinuierliche Prüfbit-Kontrolle schließt jede Verstümmelung oder Abänderung von Informationen aus. Der Rechner führt in jeder Sekunde 59000 interne Additionen, 560...9800 Multiplikationen, 510...2350 Divisionen, 14700 Übertragungen und 19600 Vergleiche aus. Der Hauptspeicher des UCT-Computers ist eine mit 17670 U/min in einem mit Helium gefüllten Gehäuse rotierende Magnettrommel, die die Speicherung von 50000 Dezimalstellen (entsprechend 5000 zehnstelligen Wörtern), gestattet. Die elfte Stelle bei jedem Speicherwort ist das Vorzeichen. Jeder der 5000 Speicherplätze kann beliebig aufgerufen werden. Wegen der hohen Drehzahl ist die Zugriffszeit (im Mittel 1,7 ms) sehr kurz und läßt sich dank einer speziellen Schnellzugriffsvorrichtung im Bereich von 1000 Speicherplätzen auf 0,4 ms reduzieren. Die anfallenden Resultate können in Lochkarten gestanzt oder auch gleichzeitig in Klarschrift ausgedruckt werden. Die Stanzung erfolgt in der Lese- und Stanzeinheit (150 Karten/min), wobei die Lochkombinationen mit der zweiten Abfuhlstation auf ihre Richtigkeit hin nochmals überprüft werden. Die Niederschrift der Resultate im Klartext erfolgt auf dem Schnelldrucker (600 Zeilen/min). Das Druckbild wird durch die Programmierung bestimmt und unterliegt deshalb keinerlei Einschränkung. Es können bei einer Formularbreite zwischen 10 und 69 cm bis zu 5 Durchschläge hergestellt werden.

#### Magnetkernrechner „IBM 628“

Diesen Rechner stellte die *IBM* in Hannover erstmalig der deutschen Öffentlichkeit vor. Er benutzt für die Speicherung von Daten und für die Durchführung von Rechenoperationen ausschließlich Magnetkerne, so daß

**SIEMENS**  
MESSTECHNIK



#### Für Wechselspannung

2 Hz bis 10 MHz

Umtastung:

periodisch von 150 bis 200 Hz

und von 80 bis 120 kHz

getriggert bis 500 kHz

## Mehrere Meßvorgänge

gleichzeitig mit einem Einstrahloszillographen darstellen, ermöglichen

## Elektronische Schalter

Unsere Schalter geben hierbei ein immer klares und flimmerfreies Bild, weil sie außer durch periodisches Umtasten auch getriggert von der Zeitablenkung des Oszillographen gesteuert werden können. Besonders vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bietet der Elektronische Schalter für  $\approx$ , mit dem man auch den Gleichspannungsanteil einer Wechselspannung messen kann.

Druckschrift SH 7072 auf Wunsch



#### Für Gleich- und Wechselspannung

0 bis 10 MHz

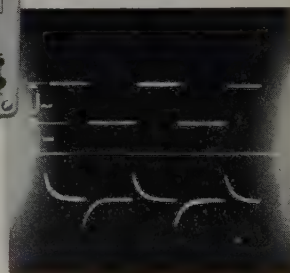
Umtastung:

periodisch von 100 bis 150 Hz,

von 40 bis 50 und

von 400 bis 500 kHz

getriggert bis 500 kHz



SIEMENS & HALSKE AKTIENGESellschaft  
WERNERWERK FÜR MESSTECHNIK



sich eine sehr hohe Rechengeschwindigkeit ergibt. Multiplikationen erfordern im Durchschnitt weniger als 9 ms, Additionen 180  $\mu$ s. Zwischen dem Abfühlen der Karten stehen jeweils 844 Additionszeiten für das Rechenprogramm zur Verfügung. Die aus Magnetkern-Matrizen aufgebauten Speicher haben eine Zugriffszeit von nur 10  $\mu$ s. Als Ein- und Ausgabeinheit dient ein Kartenstanzer „IBM 565“, der bis zu 6000 80spaltige Lochkarten in der Stunde bearbeitet, und beim Anschluß einer schnell-schreibenden Tabelliermaschine „IBM 421 S“, die mit einer Geschwindigkeit von 150 Karten je Minute die Eingabekarten abfühlt, werden die Ergebnisse mit einer Geschwindigkeit von 150 Zeilen je Minute niedergeschrieben.

Das Rechenwerk ist 16stellig. Daneben können 128..320 Ziffern in den Magnetkern-Matrizen gespeichert werden. Die Speicher sind in 8stellige Wörter mit einem zusätzlichen Vorzeichen eingeteilt. Diese 8stelligen Wörter lassen sich jederzeit im Verlauf eines Rechenprogramms in je drei und fünf Stellen unterteilen, wobei jeder Speicherteil sein eigenes Vorzeichen trägt.

#### Elektronenrechner „IBM 610“ mit Kommaautomatik

Das in diesem Jahr zum ersten Male gezeigte, nur schreibstischgroße Gerät ist besonders für die Lösung technischer und wissenschaftlicher Problemstellungen geschaffen worden. Eine ganze Reihe spezifischer Eigenschaften macht diese Rechenanlage besonders geeignet für die Bearbeitung solcher mathematischer Formulierungen, wie sie in Wissenschaft und Technik auftreten. Die „IBM 610“ schließt damit auf dem Sektor technischer und wissenschaftlicher Rechnungen die Lücke zwischen Rechenschieber und Tischrechenmaschine einerseits und den elektronischen Großrechenanlagen andererseits.

Das Programmieren wird durch ein geschickt gewähltes Programmiersystem auf ein Minimum reduziert. Einfache oder übersichtliche mathematische Ausdrücke lassen sich sogar ohne vorherige Programmierung direkt durchrechnen, wobei während der ersten manuell gesteuerten Durchrechnung in der Maschine das Programm für die weiteren nun automatisch gesteuerten Durchläufe, zum Beispiel mit anderen Parametersätzen, entsteht. Die Rechenanlage besteht aus dem eigentlichen Rechner, einer Magnettrommel als Speicher, zwei getrennt arbeitenden Lochstreifenaggregaten zur automatischen Ein- und Ausgabe von Programm und Daten, einer Schaltplatte zur Aufnahme von häufig wiederkehrenden Unterprogrammen, einer Tastatur zur manuellen Ein- und Ausgabe von Daten und zur manuellen Steuerung der Anlage, ferner einem Oszillografen zur Speicherplatzanzeige sowie einer Schnellschreibmaschine zur Datenausgabe und zur automatischen Programm-Niederschrift.

Die Ein- und Ausgabe erfolgt mit 15stelligen Zahlen. Jeder Speicherplatz der Magnettrommel hat eine Kapazität von 31 Dezimalstellen, jedoch

können durch entsprechende Programmierung alle 31 Stellen herausgeschrieben werden. Die Maschinengenauigkeit ist also dreimal so groß wie normalerweise bei elektronischen Rechenmaschinen.

Die variable Befehlslänge und die Eigenschaft sämtlicher Speicherplätze der Magnettrommel, unmittelbar Zugang zum Addierwerk zu haben, erleichtern die Bedienung. Das Mehradreßsystem bietet die Möglichkeit, so viele Operanden in einem einzigen Befehl aufzurufen, wie zur Ausführung der jeweiligen arithmetischen Operation nötig sind. Es ist deshalb eine wirksamere Befehlsstruktur als bei einem Einadreßsystem möglich, und damit werden die Programme überraschend kurz und einfach.

#### Selex-Verfahren

Das von *Siemens & Halske* neuentwickelte „Selex“-Verfahren für die betriebliche Nachrichtenverarbeitung entstand aus dem Wunsch, in gleicher Form häufig wiederkehrende, innerhalb von Betrieben schematisch anfallende Nachrichten sogleich selbsttätig in die für die einzelnen Stellen bestimmten Teilnachrichten aufzugliedern und den Empfängern zuzuleiten. Es ist ein besonderer Vorzug dieses Systems, daß dabei jede Teilnachricht an der jeweiligen Empfangsstelle in der für die sofortige Weiterverarbeitung zweckmäßigen Form niedergeschrieben wird. Die Zahl der Eingabe- und Empfangsplätze läßt sich den betrieblichen Verhältnissen anpassen, und es können die verschiedenartigsten Maschinen, beispielsweise Formulaschreiber, Streifenschreiber, Sender oder Locher, zusammengeschaltet werden.

Beim einmaligen formulargerechten Schreiben der Gesamtnachricht werden die für die einzelnen Stellen notwendigen Angaben von der Selex-Auswaleinrichtung nach festgelegtem Lochstreifenprogramm ausgewählt und den verschiedenen Empfängern zugeleitet. Dabei können die Formulare bei den einzelnen Empfängern verschiedene Größen haben. Kennungen schalten die angeschlossenen Empfänger an und ab, Funktionslocherungen steuern Wagenrücklauf und Zeilenvorschub und fügen selbsttätig Steuerimpulse für das Herstellen von Lochkarten ein. Die Bedienung der Anlage ist auch mit ungeübten Kräften möglich, denn es genügt der Druck einer Start-Taste, um das Programm ablaufen zu lassen oder das weitere Programm abzurufen, wenn inzwischen weitere Informationen mit der Fernschreibtastatur eingegeben wurden.

Die Eingabe der Informationen läßt sich durch Verwendung von bedruckten Lochstreifenkarten noch wesentlich beschleunigen. Die neu eingeführte 50 mm breite, kartonstarke *Siemens*-Lochstreifenkarte (LSK-Technik) ist ein sehr handlicher Informationsträger, der neben der Information auch Programmlocherungen aufnehmen kann. Sie vereinigt in sich alle Arbeitsvorteile des Fernschreiblochstreifens mit den Vorzügen einer alphabetisch oder numerisch zu ordnenden Karteikarte. Ein Speziallocher druckt am oberen Rand der Karte genau über den Lochungen gleichzeitig den Klar-

# TANTAL-KONDENSATOREN

## MIT TROCKENEN ELEKTROLYTEN

- Chimel** ist einer der Pioniere auf dem Gebiet der Miniatur-Kondensatoren mit trockenen Elektrolyten.
  - Chimel** bietet eine große Auswahl an trockenen Tantal-Kondensatoren mit Kapazitäten zwischen 0,001 und 350  $\mu$ F und für Spannungen zwischen 6V und 35V. Alle Typen sind bei Temperaturen zwischen  $-80^{\circ}$  und  $+125^{\circ}$  C brauchbar.
  - Chimel** Kondensatoren haben praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Sie korrodieren nicht und können nicht auslaufen.
  - Chimel** Kondensatoren werden bereits im größten Teil der Industrieländer der Erde benutzt.
  - Chimel** liefert außerdem Sinter-Anoden aus Tantal mit hoher Kapazität.
  - Chimel** Lizenzen für die Fabrikation von trockenen Tantal-Kondensatoren können noch für einige Länder vergeben werden. Diese Lizenzen umfassen alle nötigen Betriebserfahrungen und erlauben die sofortige Produktion von Kondensatoren, welche bei geringstem Ausschuß den höchsten Anforderungen genügen. Diese Lizenzen umfassen außerdem alle zukünftigen Verbesserungen, ebenso wie eine dauernde technische Beratung. Unsere Forschungs-Laboratorien bearbeiten das Gesamtgebiet solcher Kondensatoren, wobei auch die Verwendung von Aluminium, Titan, Niob und Silizium studiert wird.
  - Chimel** richtet auch vollständige, schlüsselfertige Fabriken für die Herstellung dieser Kondensatoren ein.
- Kürzeste Lieferzeiten, auch für die Ausgangsmaterialien in hoher Qualität.

Kataloge und technische Daten werden  
gern auf Anfrage übersandt.

AUSKUNFT UND NÄHERE ANGABEN BEI **CHIMEL S.A.**

5 QUAI DE L'ILE · GENÈVE (SCHWEIZ)





Bild 3. Selex-Lochstreifenkarte (Siemens)

text ab. Am unteren Rand der Karte können handschriftliche Notizen eingetragen werden. Die Lochstreifenkarte enthält stets wiederkehrende Begriffe (z. B. Adressen, Versandvorschriften, Nummern und Bezeichnungen von Artikeln) und setzt die mit der Tastatur zu schreibenden Texte auf ein Mindestmaß herab.

Das Selex-Verfahren in Verbindung mit der LSK-Technik bietet somit erstmalig die Möglichkeit, einen einmal geschriebenen Text beliebig oft ohne erneute Schreibarbeit formulargerecht niederzuschreiben und gleichzeitig in gewünschter Auswahl und Form an andere Dienststellen originalgetreu weiterzugeben.

### Logistat-System

Die zunehmende Rationalisierung in der Produktion stellt an die Steuerung immer höhere Anforderungen. Die funktionellen Zusammenhänge sind dabei manchmal nur schwer zu überblicken, und außerdem werden an die Schalthäufigkeit und die Betriebssicherheit der Steuerelemente ständig höhere Anforderungen gestellt, so daß der Wunsch nach kontaktlosen Steuerelementen besteht. Das von der AEG entwickelte Logistat-System bietet besonders bei umfangreichen Steuerungen, wo viele Eingangsgrößen nach zahlreichen Abhängigkeiten verarbeitet werden sollen, viele Vorteile. Derartige Aufgaben lassen sich gut mit Hilfe der Schaltalgebra lösen, die Boole aus der symbolischen Logik bereits vor etwa 100 Jahren entwickelt hat. Das Logistat-System kommt den Erfordernissen dieser Schaltalgebra entgegen, jedoch ist sie keineswegs notwendige Voraussetzung für den Einsatz dieses Baustein-Systems.

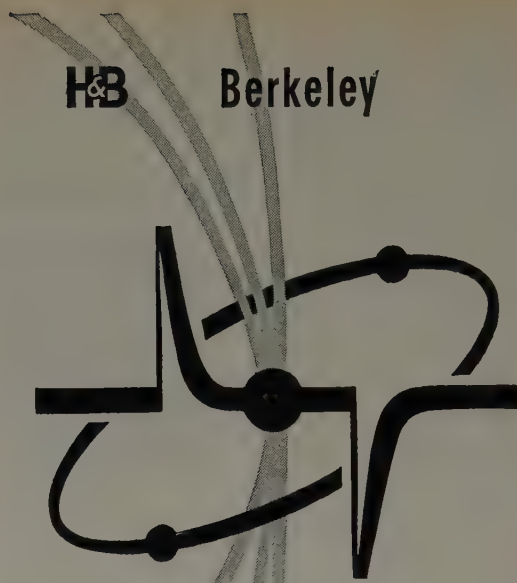
Dieses System besteht aus vier Bausteinen: den Initiatoren (Eingangselementen), den Logicons (Verknüpfungselementen), den Ausgangsverstärkern und den Versorgungsgeräten. Die Initiatoren haben die Aufgabe, das Eingangssignal in eine den Logicons angepaßte Größe umzuwandeln. Zu den Initiatoren gehören u. a. auch „kontaktlose Schalter“ zur Bedienung der Anlage. Der Innenwiderstand des Ausgangs eines Initiators ist etwa 500  $\Omega$ , und an jeden Ausgang können zehn Logicon-Eingänge angeschlossen werden.

Die von den Initiatoren kommenden Eingangssignale werden von den Logicons nach den Gesetzen der Schaltalgebra verarbeitet. Alle vorkommenden Steueraufgaben lassen sich mit nur vier verschiedenen Logicon-Typen ausführen, die folgende Funktionen haben: ODER-Verknüpfung, UND-Verknüpfung, Speicher (ein gegebener Befehl wird gespeichert und durch einen Löschbefehl wieder aufgehoben) und Negation. Die Logicons haben je fünf Eingänge (Eingangswiderstand etwa 10 k $\Omega$ ) und neben dem normalen Arbeitsausgang noch einen zweiten antivalenten Ausgang, d. h. einen Ausgang, der jeweils Spannung hat, wenn der andere spannungslos ist. Dadurch erübrigen sich besondere NEIN-Logicons. In manchen Fällen wird eine Zeitverzögerung benötigt. Hierfür stehen Zeit-Logicons mit einstellbarer Zeitverzögerung und ebenfalls antivalenten Ausgängen zur Verfügung. Alle Logicon-Typen enthalten nur ruhende Bauelemente (Widerstände, Gleichrichter und Transistoren) und sind in gedruckter Verdrahtung zusammengebaut. Die Umschaltzeit ist < 0,1 ms, der Innenwiderstand des Ausgangs etwa 500  $\Omega$ . An jeden Ausgang können 10 Eingänge angeschlossen werden. Die zum Schutz gegen äußere Einflüsse mit Gießharz vergossenen Logicons sind im Temperaturbereich  $-20...+55^{\circ}\text{C}$  betriebsfähig. Die einzelnen Typen sind äußerlich durch verschiedene Farben gekennzeichnet und lassen sich durch Steckfassungen bequem handhaben. Ueber Ausgangsverstärker werden die von den Logicons getroffenen Entscheidungen dem Leistungsniveau der verschiedenen Stellglieder (Motoren, Schütze, Magnetventile usw.) angepaßt. Hierfür verwendet man sowohl Leistungstransistoren als auch magnetische Verstärker.

Zur Stromversorgung der Initiatoren und der Logicons wird Gleichspannung von  $2 \times 12\text{ V}$  mit gemeinsamem Nullpotential benötigt. Die Stromaufnahme je Logicon ist 30 mA und 2 mA.

### Card-O-Matic

Bei jeder Lösung kommerzieller Aufgaben durch ein datenverarbeitendes System ist ein Arbeitsprozeß notwendig, bei dem die hand- oder maschinengeschriebenen Unterlagen in eine der Maschine verständliche Sprache umgewandelt werden. Die schnelle Verarbeitung der Daten durch die Rechenanlagen erfordert aber eine entsprechende Aufbereitung der Daten, das heißt, die anfallenden Beleginhalte müssen wirtschaftlich und schnell auf Informationsträger übertragen werden, die für Rechenanlagen lesbar sind. Remington Rand hat zu diesem Zweck die „Card-O-Matic“ entwickelt, die auch mit den immer schneller arbeitenden elektronischen Rechenanlagen Schritt hält und zu einer integrierten Datenverarbeitung führt. Diese Gerätekombination hat sich vor allem bei bereits vorhandenen umfangreichen Stammkarteien bewährt. Die „Card-O-Matic“ besteht aus einem Abfühlergerät mit Tastatur und der gekuppelten Lochmaschine. Aus einer zugeführten Stamm-Lochkarte übernimmt das Gerät die Angaben, wie Artikel-Nummer, Bezeichnung, Stückpreis usw., und stantzt diese mit einer Geschwindigkeit von 22 Spalten in der Sekunde in eine Detailkarte. Die Selektoren des Gerätes gestatten, aus der Stammkarte gleichzeitig bestimmte Felder für das Duplizieren auszuwählen. Individuelle Merkmale, wie Menge und Rabatt, lassen sich von Hand über die Tastatur ergänzen, so daß eine komplette Lochkarte entsteht, die in einem anschließenden Tabelliergang für die Rechnungsschreibung verwendet wird.



## Elektronische Zählgeräte zur digitalen Datenerfassung

- Frequenzmessung
- Drehzahlmessung
- Schlupfmessung
- Zeitintervallmessung
- Schaltzeitmessung
- Drucken von Zählbeträgen

Hierzu ein reichhaltiges Programm an Drehzahlgebern, Lichtschranken und Zählbetragsumsetzern

Vertrieb und Kundendienst  
in der Deutschen Bundesrepublik:

# KIREM

KERNSTRAHLUNGS-, IMPULS- UND  
REAKTOR-MESSTECHNIK G m b H

Frankfurt/Main, Bockenheimer Landstraße 101

**BECKMAN INSTRUMENTS GMBH**

MÜNCHEN 45 • Ein Zweigwerk der Beckman  
Instruments Inc., Füllerton-Kalifornien



# DISA ELEKTRONIK

- genau und zuverlässig!

## ELEKTRONISCHE DEKADENZÄHLER

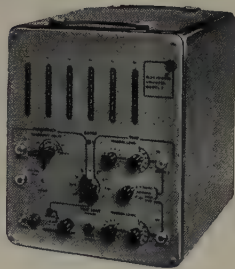
FÜR FREQUENZMESSUNG,  
ZEITMESSUNG UND  
ELEKTRONISCHES ZÄHLEN

### MODELL 2:

Frequenzbereich 0-130 kHz  
Kleinste Zeitbasis  $10^{-6}$  s

### MODELL 3:

Frequenzbereich 0-1,1 MHz  
Kleinste Zeitbasis  $10^{-6}$  s



Die elektronischen Dekadenzähler sind aus Einsteckeinheiten mit gedruckten Schaltungen aufgebaut. Die Einheiten können auch einzeln geliefert werden.



Andere Geräte aus unserem Produktionsgebiet **INDUSTRIELLE ELEKTRONIK:**

DISA UNIVERSAL INDICATOR-  
Präzisions-Zweistrahloszillograph

DISA ARMASCOPE-  
Neuartiges Ankerprüfgerät

VERTRIEB: ENATECHNIK-ALFRED NEYE  
DARMSTADT, RHEINSTRASSE 3

DISA ELEKTRONIK A/S, KOPENHAGEN  
HERLEV, DÄNEMARK

## Kernreaktoren und Strahlungsmeßtechnik

DK 621.039.42 : 621.317.794 : 061.4

Die bei der Spaltung oder der Fusion von Atomkernen frei werdende Wärme- und Strahlenenergie eröffnet zahlreiche neue friedliche Anwendungsmöglichkeiten, wobei die Stromerzeugung durch Kernenergie im Vordergrund des Interesses steht. Unter der Vielzahl der aussichtsreich scheinenden Reaktortypen hat die AEG vornehmlich dem „Siedewasser“-Reaktor ihre Aufmerksamkeit zugewendet, weil er ein besonders einfaches System der Wärmeübertragung mit normalem Wasser hat und in absehbarer Zeit den Anschluß an die Hochdruck-Dampftechnik für große Leistungen verspricht. Zusätzlich studiert die AEG andere aussichtsreich scheinende Reaktorsysteme für die Stromerzeugung in stationären Anlagen und auch für Schiffsantriebe. In Hannover zeigte die AEG das Modell des nuklearen Teils des ersten in Deutschland im Bau befindlichen Atomkraftwerks, das im Auftrage des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes für die Versuchatomkraftwerk Kahl GmbH von der AEG in Zusammenarbeit mit anderen Firmen schlüsselfertig erstellt und in der zweiten Hälfte des Jahres 1960 in Betrieb gehen wird. Die Wärme wird in einem durch Leichtwasser moderierten Siedereaktor mit Naturumlauf von 60 MW thermischer Leistung erzeugt. Der Reaktor liefert durch die Wärmeentwicklung der Brennstäbe etwa 120 t/h Satttdampf von 71,3 ata, der auf der Mantelseite des Dampfumformers kondensiert und auf der Rohrseite 105 t/h nicht-aktiven Satttdampf von 46 ata erzeugt, der einer 16-MW-Satttdampfturbine zugeführt wird. Sämtliche Apparate, die radioaktive Medien unter Druck enthalten, sind in einer zylindrischen Druckschale von 14 m Durchmesser und 46 m Höhe untergebracht, die für einen inneren Überdruck von etwa 6 atü ausgelegt ist. Bei einer im Primärsystem auftretenden Undichtigkeit kann deshalb kein radioaktiver Dampf in die freie Atmosphäre austreten. In einer weiteren Ausbaustufe ist die Verdoppelung der elektrischen Leistung auf 30 MW vorgesehen.

Die Arbeitsgemeinschaft Brown, Boveri & Cie. AG und Fried. Krupp, Essen, hat im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH (AVR), Düsseldorf, einen Hochtemperaturreaktor entwickelt, der im Modell gezeigt wurde. Es handelt sich um einen Versuchs-Leistungsreaktor, der die Aufgabe hat, die physikalischen und technischen Werte zu liefern, die für die Planung und den Bau eines großen, mit einem Hochtemperaturreaktor ausgestatteten Kraftwerkes erforderlich sind. Ferner soll er Betriebserfahrungen vermitteln und die Wirtschaftlichkeit erproben. Kennzeichnend für diesen Reaktortyp sind die hohen Temperaturen, die hohe Leistungsdichte im Reaktorkern und die Unempfindlichkeit des Reaktorkerns gegen Temperaturschwankungen. Diese Eigenschaften ergeben sich aus der Art der Brennstoffelemente, die Graphitkugeln mit einer Füllung von Uran in keramischer Form sind. Das Uran ist auf 20% U 235 angereichert. Neben den Brennstoffelementen werden Brutstoffkugeln verwendet, die Thorium enthalten. Das Thorium wird durch die Neutronen, die nicht zur Aufrechterhaltung der Kettenreaktion erforderlich sind, in das spaltbare Uranisotop U 233 umgewandelt.

Der in der Mitte des Reaktors befindliche Reaktorkern enthält als Brennstoff- und Brutstoff-Füllung die Kugeln von etwa 6 cm Durchmesser. Das Kühlgas, ein Gemisch von Helium und Neon, strömt durch Öffnungen unten in die Kugelfüllung ein und erwärmt sich beim Durchströmen des Kugelhafens von etwa 200°C auf rund 850°C. Der den Reaktorkern umgebende Graphitreflektor enthält in vier von oben nach unten laufenden rippenförmigen Vorsprüngen Kanäle, in die die Abschaltstäbe einfallen können. Der Graphitreflektor ist von mehreren Schichten aus Materialien umhüllt, die der Wärmeisolierung und der Abschirmung von Strahlungen aller Art dienen. Zwischen solchen Isolierschichten ist ein Spalt gelassen, durch den das Kühlgas, das seine Wärme an den Dampferzeuger abgegeben hat, zu den Gebläsen zurückströmt.

Der Dampferzeuger befindet sich oberhalb des Reaktorkerns. Das Kühlgas gelangt durch Bohrungen in der Graphitdecke über dem Reaktorkern zum Dampferzeuger, wird hier auf etwa 200°C abgekühlt und strömt dann durch den erwärmten Ringspalt der Isolierschichten zum Gebläse. Der Dampferzeuger kann für Dampfdaten der modernsten Dampfkesseltechnik ausgelegt werden. Für den Versuchs-Leistungsreaktor sind 75 atü Dampfdruck und 505°C Dampftemperatur gewählt worden.

Auch Siemens gab einen Überblick über neuere Entwicklungen in der Reaktortechnik. Als Modell wurde der mit Natur-Uran beschickte Schwerwasser-Reaktor gezeigt, der mit einem Reaktor-Simulator zusammenarbeitet. An diesem Modell wurde gleichzeitig auch die fernbediente Auswechslung der Brennelemente demonstriert. Jedes dieser Brennelemente besteht aus 37 Zirkonrohren, die mit gesintertem Uranioxyd gefüllt sind. Für Forschungszwecke bauen die Siemens-Schuckertwerke nahe beim Versuchsreaktor in Garching bei München einen Reaktor vom Typ „Argonaut“.

Auch Großbritannien zeigte eine Reihe von Modellen der Kernkraftwerke. Calder Hall, das erste Atom-Großkraftwerk der Welt, erzeugt seit fast zwei Jahren Strom auf industrieller Basis. Vier weitere größere Atomkraftwerke sind zur Zeit in Großbritannien im Bau und sollen in den Jahren 1960 bis 1962 ihren Betrieb aufnehmen. Das Kraftwerk „A“ in Calder Hall hat eine Abgabeleistung von 70 MW. Je 300 MW Leistung werden die neuen Kraftwerke in Berkeley, Bradwell und Hunterston haben, während Hinkley Point sogar 500 MW Leistung haben wird. Neben anderen Fortschritten beim Bau dieser Atomkraftwerke war es möglich, auch die Wärmebelastung, das heißt die aus einer Tonne Uran gewonnene Leistung in Megawatt, durch Verbesserung der Wärmeabstrahlung der Brennelemente zu erhöhen. Diese und andere Maßnahmen gestatteten eine Erhöhung der Wärmebelastung von einem Durchschnittswert von 1,3 MW/t bei Calder Hall auf 2,5 MW/t bei Hunterston.

Voraussetzung für alle Arbeiten auf dem Gebiet der Kerntechnik ist eine entsprechend hochentwickelte und leistungsfähige Strahlungsmeßtechnik.

neu!

ERSA - MINITYP/6V

Miniaturlötkolben  
mit Wechselementen  
10 W/6 V, 20 W/6 V  
30 W/6 V für die  
moderne

Elektronik

10 W/6 V

30 W/6 V

20 W/6 V

ERNST SACHS

Ständiger Aussteller auf der Deutschen  
Industrie-Messe Hannover, Halle 11/1504



SEIT 1921

Berlin-Lichterfelde-West • Manteuffelstraße 10a und  
Wertheim/Main • Ferd.-Hotz-Straße 3

Verlangen Sie die neue Liste 166 02 • Bezug durch den Fachhandel!



Auf diesem Gebiet sind in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt worden, und man sah in diesem Jahr in Hannover mehr Herstellerfirmen und mehr Typen von Strahlungsmeßgeräten als jemals zuvor. Vom einfachen Monitor bis zum leistungsfähigen Laborgerät für den Wissenschaftler reichte die weite Skala des Angebots. Daneben war festzustellen, daß industrielle Anwendungen für Meß-, Steuerungs- und Regelungszwecke in der Produktion mehr und mehr Eingang finden.

### Neuer Stoßstrom-Kondensator für die Kernfusion

Zur Speicherung der für die Kernfusion benötigten Energiemengen dienen große Kondensator-Batterien. Die impulsartigen Entladungen dieser Batterien liefern in den Reaktionsgefäßen die hohen Temperaturen, die notwendig sind, um die Kerne des schweren Wasserstoffs zu Heliumkernen zu verschmelzen. Für kleinere Versuchsanlagen zur Kernfusion hat die Robert Bosch GmbH bereits einige Kondensatortypen entwickelt. In Ergänzung hierzu wurde jetzt ein neuer Kondensator geschaffen, der sich vor allem durch kleines Volumen bei großem Energieinhalt sowie durch hohe Eigenresonanzfrequenz und hohe Stromstoßfestigkeit auszeichnet. Die Induktivität der Durchführungen ist gering. Dank eines neuartigen Anschlußsystems lassen sich große Batterien auf einfache Weise mit induktivitätsarmen äußeren Schaltverbindungen zusammenstellen. Von außerordentlicher Bedeutung ist die zuverlässige Selbstheilung der Bosch-MP-Kondensatoren. Während sich beim Durchschlag einer Einheit einer Kondensator-Batterie ohne Selbstheilung die gesamte Energiemenge der Kondensator-Batterie auf die Fehlerstelle entlädt und dadurch eine sehr gefährliche Explosion zur Folge haben kann, heilen in dem Bosch-MP-Kondensator etwaige Durchschläge sicher aus. Auch bei großen gespeicherten Ladungen in der Stoßbatterie wird im Durchschlagsherd nur eine kleine unschädliche Energiemenge verbraucht, während die Größe der Vorratsenergie in der Stoßbatterie praktisch keinen Einfluß auf den Vorgang der Selbstheilung hat.

ELRU-Information 730

### Universalmeßplatz für kernphysikalische Untersuchungen

Von der Firma L'Electronique Appliquée (Deutsche Vertretung: Herfurth GmbH) wurde in enger Zusammenarbeit mit den Instituten in Saclay ein Einschubsystem für 19"-Schränke entwickelt, mit dem sich die verschiedensten kernphysikalischen Messungen durchführen lassen.

Das Kernstück dieses Systems bildet der Einschub „Tiroir Universel“. Mit dieser Impulseingangsstufe lassen sich u. a. folgende Aufgaben durchführen: Integrale Impulshöhen Diskrimination, Einkanal-Impulshöhen-spektrometrie und Auswahl von Koinzidenzen und Antikoinzidenzen. Dieser Eingangsstufe werden elektronische Zähldekaden nachgeschaltet, die ebenfalls als Einschübe zur Verfügung stehen. Die zur Zeit schnellste Dekade hat ein Auflösungsvermögen von  $10^{-7}$  s. Weiterhin steht eine Reihe von Integratoren (Ratemeter) zur Verfügung, die entweder hinter den Dekaden oder auch direkt nach der Eingangsstufe folgen können. Andere Einschübe dienen als elektronische Zeitgeber für wahlweise Impuls- oder Zeitvorwahl.

Die Stromversorgung der Einschübe erfolgt aus hochkonstanten Netzteilen, deren Spannungskonstanz bei Schwankungen zwischen Null und Vollast sowie bei Netzspannungsschwankungen von 10% besser als  $5 \cdot 10^{-4}$  ist. Für Eich- und Kontrollzwecke steht eine Reihe von Impuls-generatoren zur Verfügung, wie zum Beispiel der Einschub „GNS-1“. Dieser liefert Folgefrequenzen von 1, 5, 20 und 50 Hz, wobei sich die Amplitude mit einem „Helipot“ in drei Bereichen von 0...10, 0...30 und 0...100 V kontinuierlich einstellen läßt. Dieser Generator liefert an 100  $\Omega$  Ausgangsimpedanz Impulse mit einer Dauer von  $10^{-9}$  s, wobei die Impulsform durch eine Laufzeitkette (Koaxialkabel) bestimmt wird. Ein weiterer Impuls-generator liefert Impulse von 60  $\mu$ s Fußbreite bei einer Anstiegszeit von  $10^{-7}$  s und Amplituden, die auf  $10^{-3}$  genau definiert sind. Dieser Einschub dient vorzugsweise zur Kalibrierung von Diskriminatoren sowie von Ein- und Mehrkanal-Impulshöhenanalysatoren. Der Impuls-generator „ICRV-1“ liefert Rechtecke, deren Breite in vier Bereichen zwischen 1  $\mu$ s und 10 ms kontinuierlich einstellbar ist.

ELRU-Information 731

### Strahlungsmeßplatz für spektrometrische Untersuchungen

Die bekannten Philips-Strahlungsmeßplatz-Kombinationen der Elektro Spezial GmbH lassen sich zu Meßplätzen mit Spektrometer-Eigenschaften ergänzen. Hierzu sind im wesentlichen erforderlich der Linearverstärker „PV 1071“, der Impulsdehner „PV 1084“ und der Einkanal-Diskriminator „PV 1072“. Diese Bausteine lassen sich sowohl gemeinsam mit dem Zählteil in einem Gehäuse oder Gestell als auch in einem getrennten Gehäuse unterbringen.

Der Linearverstärker „PV 1071“ verstärkt verhältnismäßig Eingangsimpulse von 1 mV<sub>ss</sub> bis 1 V<sub>ss</sub> in fünf wählbaren Stufen. Die optimale Auflösungszeit ist 1  $\mu$ s. Der Linearverstärker enthält drei gleiche Verstärkerstufen mit je einer Pentode E 180 F und einer Doppeltriode E 88 CC. Eine frequenzabhängige Rückkopplung und Höhenanhebung bewirkt die große Bandbreite von etwa 8 MHz und macht damit den Verstärker zur Übertragung steiler Impulsflanken geeignet. Eine Katodenstufe schließt den Linearverstärker ab und verhindert wegen ihrer geringen Ausgangsimpedanz von 150  $\Omega$  eine Impulsverzerrung bei Anschluß einer Kabelverbindung.

Der Impulsdehner „PV 1084“ hat die Aufgabe, die vom Linearverstärker „PV 1071“ gelieferten Impulse unterschiedlicher Impulsbreite etwa 35fach nachzuverstärken und in Impulse mit definierter Impulsbreite umzuformen. Dabei wird die Amplitude des jeweiligen Impulses durch den Dehnvorgang nicht beeinflusst. Der bis 40 V<sub>ss</sub> Eingangsspannung übersteuerungsfeste Impulsdehner hat eine Eingangsempfindlichkeit von

## messgeräte der nachrichtentechnik

Lineare und nichtlineare Verzerrungen bestimmen die Güte einer NF-Übertragungseinrichtung. Häufige Messungen erfordern zeitsparende und sichere Meßverfahren. Hierfür wurde bei uns ein neuer Klirrfaktor- und Frequenzgangmesser mit folgenden charakteristischen Eigenschaften entwickelt:

FORDERN SIE UNVERBINDLICH DIE ZUSENDUNG VON PROSPEKT UNTERLAGEN



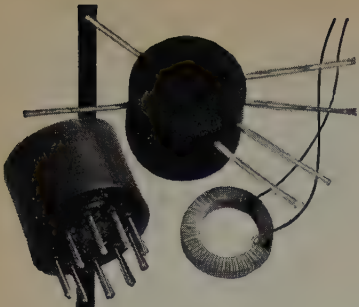
KLIRRFAKTOR- UND  
FREQUENZGANGMESSER KLM-87

Frequenzbereich 20 Hz ... 100 kHz  
mit geeichter Frequenzskala für die Grundwellenunterdrückung von 20 Hz ... 20 kHz  
Klirrmessbereiche 0,1 ... 1 / 3 - 10 - 30 - 100%  
mit direkter Anzeige durch Quotientenmesser  
Eingangsspannungsbedarf 50 mV ... 200 V / 0,5 M $\Omega$   
eingebauter Kleinoszillograph zum einfachen Abgleich und zum Nachweis von Störspannungen, Brumm und Oberwellenzahl. Es können Filter zur Messung einzelner Oberwellen und zur Unterdrückung von Störspannungen angeschlossen werden. Bei Verwendung als Frequenzgangmesser lassen sich Dämpfungsunterschiede bis 60 db direkt ablesen, wobei Änderungen von 0,2 db noch erkennbar sind.



WANDEL u. GOLTERMANN  
REUTLINGEN · WÜRTT.





# Ringkerne

in Miniatur-Ausführung bis zu 1,8 mm Restlochdurchmesser.

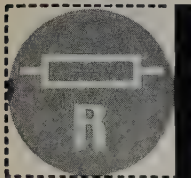
Wir verarbeiten hochpermeable- und Ferrit-Ringkerne aller Arten für die verschiedensten Verwendungszwecke (z. B. für Impuls-Anlagen mit extrem kurzen Schaltzeiten) bei Drahtstärken  $\geq 0,04$  mm  $\varnothing$ .

Unser Fertigungsprogramm umfaßt offene - getränkte (vacuumgetränkte) - Gießharz-Typen mit freien Enden zum direkten Einlöten in die Schaltung oder mit Novalsockel zum Stecken - Sonderwünsche werden berücksichtigt.

Wir wickeln Groß- und Kleinserien - für Laborbedarf auch Einzelstücke bei äußerst kurzen Lieferzeiten. Bei Kernstellung führen wir ebenfalls Lohnaufträge durch. Bitte fragen Sie an, wenn Sie irgendeinen Kleinst-Ringkern-Übertrager benötigen.

## WALTER ABETZ

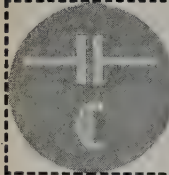
Techn.-phys. Werkstätten · Stuttgart W, Ludwigstr. 49/1



MESSBRÜCKE  
Metrapont RLC



Zur Messung von  
ohmschen (0,05  $\Omega$  ... 5 M $\Omega$ )  
kapazitiven (50 pF ... 50  $\mu$ F)  
induktiven (0,005 ... 50 H)  
Widerständen



DM 460.-



METRAWATT A.G. · NÜRNBERG

100 mV<sub>ss</sub> negativ und liefert bei Vollaussteuerung positive Impulse von 110 V<sub>ss</sub> an 180  $\Omega$  Ausgangsimpedanz. Die Impulsbreite ist 2,8...3,2  $\mu$ s, die Anstiegszeit 0,3  $\mu$ s und die Auflösung 300 kHz.

Die gedehnten Impulse werden sodann dem Einkanal-Diskriminator „PV 1072“ zugeführt, der für einen ihm zugeleiteten Impuls nur dann ein Ausgangssignal liefert, wenn dieser eine bestimmte Größe zwischen zwei vorgegebenen einstellbaren Schwellen hat, das heißt in einem Kanal bestimmter Breite und Höhe liegt. Durch Verändern der Kanalhöhe zwischen 0 und 100 V<sub>ss</sub> läßt sich ein ganzes Impulsspektrum nach seiner Impulshöhenverteilung aufnehmen. Der Einkanal-Diskriminator benötigt positive Eingangsimpulse von  $\geq 4$  V<sub>ss</sub> an 500 k $\Omega$ /20 pF. Weitere technische Daten: Kanalhöhe 0...100 V<sub>ss</sub>  $\pm 1\%$ ; Linearität  $\pm 0,75\%$ ; Auflösungszeit 3  $\mu$ s; Kanalbreite einstellbar zu 1, 2, 4, 6, 10 V<sub>ss</sub>  $\pm 2\%$  sowie 15, 25, 33 V<sub>ss</sub>; max. Zählggeschwindigkeit 1,2 · 10<sup>7</sup> Imp/min.

ELRU-Information 732

### Strahlungsmeßgerät „Z 101“

Dieses elektronische Strahlungsmeßgerät der Kienzle Apparate GmbH zur Messung von Strahlungsdosis und Dosisleistung verwendet für den aus maximal sieben Dekaden bestehenden elektronischen Impulsuntersetzer ein neuartiges magnetisches Prinzip für digitale Zählung, das auf der Kombination von Magnetkernen mit Transistoren beruht. Der Zählteil enthält ein siebenstelliges dezimales Zählwerk mit Vorverstärker, Impulsformer und optischer Impulsanzeige am Eingang. Der Zählteil kann dem gewünschten Auflösungsvermögen entsprechende vollelektronisch oder gemischt elektronisch/elektromechanisch zusammengestellt werden. Die Steuereinheit enthält ein elektronisches Steuertor für Impuls- und Zeitvorwahl sowie eine elektrisch betätigte, netzunabhängige Stoppuhr mit Federwerk (Ablesegenauigkeit: 0,01 s). Impulsvorwahl ist in sieben Stufen zwischen 10<sup>2</sup> und 10<sup>5</sup> Impulsen möglich, Zeitwahl in Stufen von 1...109 Minuten (Genauigkeit  $\pm 0,025$  s). Der Integrator zur Messung des Augenblickswertes der Dosisleistung ist in fünf Meßbereichen zwischen 10 und 10<sup>5</sup> Imp/s für Vollauschlag umschaltbar und die Integrations-Zeitkonstante auf 1, 3 und 10 Sekunden einstellbar; Auflösungsvermögen: 2,5  $\mu$ s. Zum Abdrucken des eingezählten Betrages läßt sich das Druckwerk „D 1“ anschließen, das entweder durch Stoptaste oder automatisch nach Ablauf der Zeitvorwahlmessung ausgelöst wird.

ELRU-Information 733

### Strahlungs-Monitor „MS Str 558/1“

Dieser Strahlungs-Monitor der Telefunken GmbH ist ein einfaches netzbetriebenes Meßgerät mit Mittelwertanzeige zur Überwachung von Radioaktivitäten (Gamma- und Beta-Strahlen) mit Hilfe von GM-Zählrohren. Es verfügt über eine automatisch wirkende Alarmeinrichtung, deren Auslöseschwelle innerhalb des Meßbereiches 0...1000 und 0...100000 Imp/min einstellbar ist. Das Gerät ist volltransistorisiert und gibt eine in Stufen von 25 V einstellbare stabilisierte Hochspannung zwischen 250 und 950 V ab (Inkonstanz  $\pm 2 \cdot 10^{-2}$  bei  $\pm 20\%$  Netzspannungsschwankung). Die Dämpfungszeitkonstante in beiden Bereichen ist 4 und 20 Sekunden, die Totzeit des Gerätes im Bereich 0...1000 Imp/min 1250  $\mu$ s, im Bereich 0...100000 Imp/min etwa 350  $\mu$ s. Die akustische Anzeige für Einzelimpulse ist abschaltbar, die Anzeige für Alarmton hingegen ist unabhängig von der Stellung des Kippschalters für die Einzelimpulse. Die Alarmeinrichtung ist auf jede gewünschte Warnschwelle einstellbar mit Anzeige des Schwellwertes am Drehspulinstrument. Der Monitor ist mit drei verschiedenen GM-Zählrohrköpfen für Gamma-Strahlen sowie für harte und weiche Beta-Strahlen lieferbar. Am Gerät ist eine Haltevorrichtung für zwei Zählrohrköpfe vorhanden.

ELRU-Information 734

### Antikoinzidenz-Anlage

Die untere Grenze der Meßgenauigkeit eines Zählrohrs wird im wesentlichen durch den Nulleffekt begrenzt. Er rührt von Gamma-Strahlung aus der Umgebung des Zählrohrs her, von der Höhenstrahlung (Mesonen) und von Verunreinigungen des Zählrohrmaterials selbst mit Beta- und Gamma-Strahlern. Da heute die Forderung, radioaktive Proben geringer spezifischer Aktivität zu messen, immer dringender wird, ist es wichtig, den Nulleffekt soweit wie möglich herabzusetzen. Der Nulleffekt, der für Beta-Messungen verwendeten Philips-Fensterzählrohre beträgt innerhalb einer Bleikammer 10...20 Imp/min und wirkt sich nicht störend aus, wenn er gegenüber der Probenaktivität vernachlässigt werden kann.

Der Anteil der Gamma-Komponente am Nulleffekt läßt sich durch Herabsetzen der Gamma-Empfindlichkeit des Zählrohrs oder durch eine dicke Abschirmung des Zählrohrs mit einem Material hoher Ordnungszahl vermindern. Das für die Abschirmung verwendete Material muß natürlich selbst frei sein von radioaktiven Verunreinigungen. Optimale Abschirmung wird erreicht, wenn man das Zählrohr zuerst mit einer 3 cm dicken Quecksilberabschirmung umgibt, die den Vorteil hat, völlig frei von vorgenannten Verunreinigungen zu sein. Als weitere Abschirmung kommt dann ein Mantel aus gut gereinigtem Eisen hinzu. Eine gebräuchliche Methode zur Unterdrückung der Höhenstrahlungs-Komponente ist ein Kranz von sogenannten Schutzzählrohren, der das eigentliche Meßzählrohr umgibt und elektronisch mit dem Meßzählrohr in Antikoinzidenz geschaltet ist. Durchdringt ein Teilchen der Höhenstrahlung das Meßzählrohr, so muß es zwangsläufig auch eines der äußeren Zählrohre durchdringen. Die gleichzeitig entstehenden Impulse werden in einer Antikoinzidenz-Stufe kompensiert und somit nicht registriert. Nur Impulse, die allein aus dem Meßzählrohr kommen, werden aufgezeichnet; Impulse aus dem Schutzkranz allein werden ebenfalls nicht gezählt. Üblicherweise besteht ein solcher Schutzkranz aus bis zu 25 und noch mehr langen Zählrohren. Wegen der großen Abmessungen des Zählrohrkranzes wird die zu-



gehörige Abschirmung sehr teuer und erfordert am Aufstellungsort oft bauliche Veränderungen, da man mit Gewichten bis zu 3 t rechnen muß. Um eine Reduzierung der Abschirmung zu ermöglichen, hat Philips ein neues Schutzzählrohr entwickelt, das an die Stelle des Zählrohrkranzes tritt. Jede der Elektroden des Zählrohrs besteht aus einer Halbkugel, die in einen zylindrischen Teil übergeht. Beide Elektroden liegen im sphärischen Teil konzentrisch, im zylindrischen Teil koaxial zueinander. Durch diese geometrische Anordnung wird eine sehr gute Feldhomogenität erreicht. Die Eigenschaften dieses Hohlknoten-Zählrohrs weichen von denen eines üblichen Zählrohrs erheblich ab. Der wesentliche Unterschied zwischen Zählrohren mit dünnem Draht und Zählrohren mit dicker Anode (Hohlknoten) besteht darin, daß beim Hohlknoten-Zählrohr das Feld zwischen Anode und Katode fast homogen und die Feldstärke überall so groß ist, daß ein freies Elektron an jeder Stelle des Zählrohrs das Füllgas ionisieren kann. Bei einem Zählrohr mit dünnem Draht hingegen muß das Elektron erst einen passiven Raum durchlaufen, bevor es in der Nähe des Drahtes bis zur Erreichung der Ionisierungsenergie des Zählgases beschleunigt wird. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Elektron eingefangen wird, bevor es durch Ionisation weitere Elektronen erzeugt, ist daher im Vergleich zum Hohlknoten-Zählrohr groß und die Zählrausbeute entsprechend klein. Der Wirkungsgrad eines Hohlknoten-Zählrohrs erreicht für Mesonen fast 100%. Da im Schutzkreis nur ein einziges Zählrohr vorhanden ist, ergibt sich der besondere Vorteil, daß die Kontrolle auf Funktionsfähigkeit des Schutzkreises bedeutend einfacher als bei Ausrüstungen mit vielen Zählrohren ist. Ebenso ist die elektronische Apparatur relativ einfach.

Der Abschirmteil der Philips Antikoinzidenz-Anlage besteht aus einer vierteiligen Stahlkugel, in deren Mitte sich ein völlig abgeschlossener Tank mit etwa 20 kg Quecksilber sowie das Schutzzählrohr befinden. Die zu vermessende Probe wird zusammen mit dem Meßzählrohr von unten in die Kugel eingeführt. Meßzählrohr und Probe sind mechanisch vom Schutzzählrohr getrennt, so daß eine Verseuchung des Kugelinneren nicht eintreten kann. Zum Wechseln der Probe wird die Halterung nach unten bewegt, ausgeschwenkt und hochgefahren. Dabei schiebt sich die Probe durch eine Öffnung eines an der Abschirmkugel angebrachten Arbeitstisches und kann leicht ausgewechselt werden. Das Gewicht der kompletten Abschirmanlage beträgt etwa 1,2 t. Als Meßzählrohre sind zur Zeit GM-Zählrohre verfügbar. Methan-Durchflußsonden und Szintillationssonden für die Antikoinzidenz-Anlage befinden sich in der Erprobung. Alle drei Zähler sind Stecksonden und daher leicht gegeneinander austauschbar.

ELRU-Information 735

**Automatisches Impulszählgerät „N 530“**

Ein vielseitiges Zählgerät für höchste Ansprüche ist diese Entwicklung der Firma Ekco electronics (Deutsche Vertretung: A. Neye). Der eingebaute Scaler und Timer, jeder mit stufenweiser Vorwahl, lassen sich beliebig kombinieren, so daß man entweder die bis zum Erreichen einer vorgegebenen Impulszahl verstrichene Zeit messen kann oder die Zahl der in einem vorgewählten Zeitintervall eingegebenen Impulse. Das Gerät enthält ferner einen stabilisierten Hochspannungsnetzteil für ein GM-Zählrohr oder einen Szintillationszähler sowie einen Eingangsverstärker (Auflösung 5 µs) und einen veränderbaren Impulshöhendiskriminator. Es werden nur Impulse gezählt, deren Spitze eine voreingestellte Schwelle zwischen 5 und 50 V überschreitet.

ELRU-Information 736

**Linearverstärker „EFC 1“**

Zur Verstärkung der Ausgangsimpulse von Strahlungsdetektoren hat KIREM diesen Linearverstärker mit doppelter Kabeldifferenzierung und Integral-Diskriminator herausgebracht. Die Verstärkung des Vorverstärkers (Katodenverstärker) ist 0,9...0,95; die Eingangsimpedanz 10 MΩ. Die 2 · 10<sup>4</sup>-fache Verstärkung des Hauptverstärkers ist regelbar und die Eingangspolarität auf positiv oder negativ umschaltbar. Bei hundertfacher Übersteuerung wird der nach 10 µs folgende Impuls mit einem Fehler von 10% verstärkt. Die positiven Ausgangsimpulse von max. 100 V an etwa 20 Ω sind bis zu dieser Spannung auf 1% linear. Der eingebaute Integral-Diskriminator hat einen im Bereich 5...100 V verstellbaren Schwellwert. Seine Konstanz ist bei ± 10% Netzspannungsschwankung besser als 1%.

ELRU-Information 737

**Impulsfrequenzmesser „N 600“**

Mit dieser Neuentwicklung der Firma Ekco electronics stellte A. Neye einen Präzisions-Impulsfrequenzmesser mit eingebautem stabilisiertem Hochspannungsnetzteil, Eingangsverstärker und einem Einkanal-Impulshöhenanalysator vor. Zusammen mit einem Strahlungsdetektor bildet der „N 600“ eine vollständige Zählrausrüstung, die sich bei Verwendung eines Schreibers auch zur Analyse von Spektren verwenden läßt. Die Eingangsempfindlichkeit ist 5 mV...2 V negativ oder 5 V...100 V positiv, die Verstärkung in Stufen von 25 bis 1000 umschaltbar (Bandbreite 1 MHz, Anstiegszeit 0,3 µs). Die Schwelle des Impulshöhenanalysators ist zwischen 5 und 50 V sowie zwischen 5 und 100 V veränderbar. Die Kanalbreite kann auf einen Absolutwert (0...10 V oder 0...50 V) oder auf einen prozentualen Teil des Diskriminator-Schwellwertes eingestellt werden. Die letztere Einstellung ergibt oftmals eine bessere Auflösung von kleineren Energie Spitzen.

ELRU-Information 738

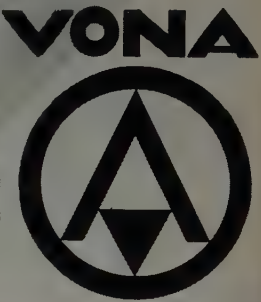
**Automatischer Probenwechsler P.A.E.**

Der Probenwechsler der Firma L'Électronique Appliquée (Deutsche Vertretung: Herfurth GmbH) dient zur Messung künstlicher oder natürlicher radioaktiver Elemente in der Chemie, Biologie, Physik usw. Zur Messung wird am Zähl- und Steuergerät eine bestimmte Impulszahl vorgewählt und

**ELEKTRONISCHE STEUER- UND REGELGERÄTE**



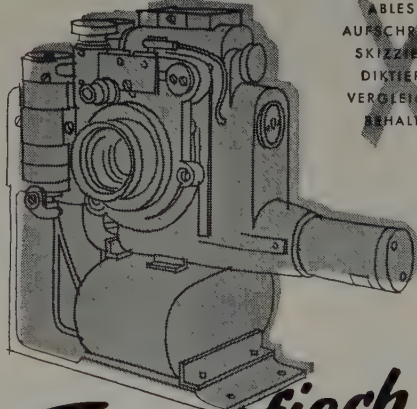
ELEKTRONISCHE ZEITRELAIS  
PROGRAMMSTEUERUNGEN  
DEKADEN FÜR SCHNELLZÄHL-  
EINRICHTUNGEN UND ANDERE  
ANWENDUNGEN  
KONTAKTSCHUTZRELAIS  
SCHWEISSZEITBEGRENZER  
LICHTELEKTRISCHE STEUERUNGEN



**GEBR. v. ALTEN**  
KRONBERG IM TAUNUS  
FERNRUF 25 34 • FERNSCHREIBER 04 15814

**ELEKTRO-APPARATE- UND RELAIS-BAU**

ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell!



~~ABLESEN  
AUFSCHEIBEN  
SKIZZIEREN?  
DIKTIEREN?  
VERGLEICHEN?  
BEHALTEN?~~

**Fotografisch registrieren!**

mit **ROBOT** vollautomatisch

ROBOT - das universelle fotografische  
Registriersystem für Forschung und Überwachung.  
Fordern Sie bitte die Druckschrift FR 20 an.

**ROBOT-FOTO <sup>GM</sup> <sub>BH</sub> DÜSSELDORF**

Eingeführte Vertreter für verschiedene Bezirke  
im In- und Ausland gesucht.

ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell!

ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell! ROBOT registriert rationell!



die zum Erreichen dieser Zahl erforderliche Zeit auf einem Blattschreiber abgedruckt.

Die 30 Proben gelangen nacheinander in die Bleikammer, in der sich entweder ein Glockenzählrohr mit Fenster oder ein Szintillationszähler befindet. Durch Anheben der Präparate in die Bleikammer hinein wird ein Bleischutz von 85 mm gegen das nächste Präparat gewährleistet. Sollen weniger als 30 Proben gemessen werden, so wird einfach die entsprechende Anzahl Probenträger aus dem Wechsler entnommen, und die Schreibmaschine registriert sofort 0000.

Die 30 Meßwerte werden auf einem Olivetti-Blattschreiber in einer Zeile nebeneinander ausgeworfen. Nach Messung der 30 Proben springt die Schreibmaschine in die Ausgangsstellung (linker Blatttrand) zurück und wirft danach die nächste Meßreihe unter der ersten Zeile aus. Da der Olivetti-Blattschreiber auch eine normale Schreibmaschinentastatur hat, kann nach der eigentlichen Messung auf dem gleichen Bogen ein entsprechendes Protokoll angefertigt werden.

ELRU-Information 739

#### GM-Zählrohre 18515/18517 und 18516/18518

Für hochempfindliche Antikoinzidenz-Zählschaltungen liefert Valvo diese neuentwickelten Typenpaare. Die Zählrohranordnungen bestehen aus einem kurzen Beta-Zählrohr (18515 oder 18516), das in die Hohlanode eines Schutzzählrohrs (18517 oder 18518) eingefügt wird. Diese Anordnung erlaubt den Aufbau recht kompakter Geräte, während die gleiche Empfindlichkeit sonst nur mit einem erheblichen Aufwand an Volumen und Gewicht zu erzielen ist.

ELRU-Information 740

#### Halogen-Zählrohre HZa-15/40 und HZb-15/40

Für die Verwendung in tragbaren Dosimetern hat Siemens & Halske diese beiden Zählrohrtypen neu herausgebracht. Das Zählrohr HZa-15/40 ist nur zur Messung von Gamma-Strahlung geeignet, während das Zählrohr HZb-15/40 mit einem Glimmerfenster versehen ist und somit auch zur Messung von Alpha- und Beta-Strahlung verwendet werden kann. Beide Zählrohrtypen eignen sich auch zur Zählung von thermischen Neutronen, wenn man sie mit einer Cadmium-Folie umgibt. Die Kenndaten beider Zählrohre sind gleich. Startspannung: max. 330 V; Plateauanfang 400 bis 450 V; Plateauende: min. 650 V; Plateaulänge: min. 250 V; relative Plateauheit: 0,01...0,02%/V; Totzeit: 60...110 µs (je nach Betriebsspannung); zu erwartende Lebensdauer: einige 10<sup>10</sup> Zählungen; Umgebungstemperatur: -55...+45°C.

ELRU-Information 741

#### GM-Stecksonden

Die Halogen-Zählrohre der Elektro Spezial GmbH sind selbstlöschende Auslösezähler zur Messung von Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung mit einer Lebensdauer von mindestens 5 · 10<sup>10</sup> Zählungen. Sie zeichnen sich durch große Plateaulänge, geringe Plateausteigung und niedrige Betriebsspannung bei gleichzeitig geringen Abmessungen aus. Um ein bequemes Arbeiten und eine leichte Austauschbarkeit zu gewährleisten, werden sie jeweils von einer Standardfassung aufgenommen. Das Philips-Zählrohr 18503 ist fensterlos und zur Messung von Gamma-Strahlung geeignet. Die Zählrohre 18504, 18505 und 18506 haben Glimmerfenster und sind zur Messung von Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung bestimmt. Alle vier Typen sind mit einem Neon-Argon-Gemisch mit Halogenlöschzusatz gefüllt; das Katodenmaterial besteht aus 28% Chrom und 72% Eisen.

ELRU-Information 742

#### Ionisationskammersystem zur Tritium-Bestimmung

Zur Tritium-Bestimmung bei Vorhandensein anderer radioaktiver Isotope hat Frieske & Hoepfner eine Anordnung zusammengestellt, die aus einer in den Heliumstrom eingeschalteten Durchfluß-Ionisationskammer besteht, in der sowohl das Tritium wie die den Heliumstrom verunreinigende sonstige Aktivität einen Ionisationsstromanteil erzeugt. Diese Kammer ist von einer Ringkammer umgeben, die von der zentralen Kammer durch

eine dünne Folie (etwa 1 mg/cm<sup>2</sup>) getrennt ist. Die Beta-Teilchen des Tritiums können diese Folie nicht durchdringen. Deshalb erzeugen nur die weiterreichenden Beta-Strahlen der anderen radioaktiven Verunreinigungen des Helium-Kreislaufes in der Ringkammer Ionisationsströme. Eine Aktivitätskonzentration von 10<sup>-5</sup> µc/cm<sup>3</sup> Tritium ergibt auf dem empfindlichsten Meßbereich (50 mV) etwa ein Drittel des Vollausschlages.

ELRU-Information 743

#### Druckgas-Überwachungssystem

Während früher Fehler an Trägerfrequenz-Nachrichtenkabeln infolge Undichtigkeiten der Kabelmäntel und in den Verbindungsmuffen erst meßtechnisch festgestellt werden konnten, nachdem Feuchtigkeit in die Kabel eingedrungen war, besteht diese Gefahr bei dem neuen Druckgas-Überwachungssystem von Siemens & Halske nicht mehr. In das Kabel, dessen Inneres betriebsmäßig dauernd unter einem Überdruck von 0,7 bis 1,0 kg/cm<sup>2</sup> gehalten wird, sind in gleichmäßigem Abstand Kontaktmanometer eingebaut. Diese Kombination von pneumatischer und elektrischer Überwachung erlaubt es, Undichtigkeiten sehr bald nach ihrem Entstehen zu erkennen. Überschreitet der im Kabel zu beiden Seiten des Fehlers entstehende Druckabfall die einheitliche Ansprechgrenze der Manometer, so wird über die angeschlossenen Signaladern im überwachenden Amt Alarm gegeben. Mit dieser automatischen Groborientierung läßt sich der Fehler auf wenige hundert Meter genau eingrenzen. Für die anschließende Fein-Ortung wird durch ein Ventil an der Verbindungsmuffe in der Nähe der Fehlerstelle ein radioaktives Gas eingedrückt. Über die normale Gasströmung reichert sich dieses radioaktive Gas an der Fehlerstelle beim Austritt in das umgebende Erdreich an. Mit Hilfe des tragbaren Kabelsuchgerätes, das ein in Imp/s geeichtes GM-Zählrohr enthält, läßt sich der Fehlerort dann auf der Erdoberfläche auf etwa 1 m<sup>2</sup> einmessen.

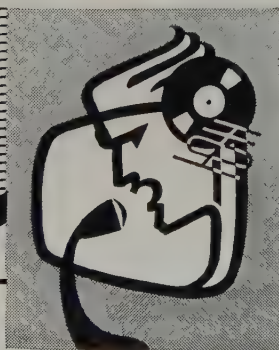
Als radioaktives Gas wird Radium-Emanation verwendet, das als Edelgas die Isolierstoffe auch bei höheren Temperaturen nicht angreift und auch von diesen nicht nennenswert absorbiert wird. Da die Halbwertszeit nur wenige Tage beträgt, ist das Kabel dann wieder inaktiv. Das Gas selbst und die aktive Strahlung werden vom feuchten Boden absorbiert und sind dort noch ein bis zwei Tage gut nachweisbar. Da das ausströmende Gas laufend ersetzt wird, schützt es das Kabel vor dem Eindringen von Feuchtigkeit. Bevor also eine Qualitätsminderung eintritt, kann der Fehler fast immer ohne Betriebsunterbrechung gefunden und beseitigt werden.

Der „Emanator-Buchler“ dient als bleigeschützter und bruchsicherer Aufbewahrungs- und Transportbehälter für die zur Erzeugung von Radon notwendige Muttersubstanz Radium. Er enthält je nach den Erfordernissen 10 oder 20 mg Radium. Die gasförmige Radium-Emanation wird erst kurz vor der Fehlerortung vom Mutterpräparat getrennt.

ELRU-Information 744

#### Automatische Regelung eines Vierwalzen-Beschichtungskalanders

Für die Qualität und Zuverlässigkeit von Fahrzeugreifen ist das beidseitig mit Gummifilmen beschichtete Cordgewebe als Ausgangsmaterial bestimmend. Gleichmäßige Filmdicke ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für richtige Beschichtung. Mit der Meß- und Regelanlage „FH 46“ hat Frieske & Hoepfner die automatische Konstanthaltung der Filmdicke nach dem Prinzip der berührungslosen Dickenmessung mit der Rückstrahl-Meßkammer gelöst. Jeder Verstellmöglichkeit des Kalanders, die automatisiert werden soll, ist eine eigene Meßstelle zugeordnet, mit Ausnahme der Schrägverstellung. Die Praxis hat nämlich gezeigt, daß es genügt, die richtige Einstellung der Schrägverstellung mit der am Kalanderauslauf eingesetzten Meßstelle traversierend zu kontrollieren und gegebenenfalls von Hand zu korrigieren. Zur automatischen Regelung eines Vierwalzen-Beschichtungskalanders sind deshalb fünf oder sechs Meßstellen mit den zugehörigen Bauteilen erforderlich. Die Rückstrahl-Meßkammern solcher Meßanlagen sind zur Film-Einzelmessung an den Kalanders-Ständern befestigt. Die Meßwertanzeige für das Bedienungspersonal des Kalanders erfolgt mit sechs Abweichungsanzeigern, die in einem schwenkbaren Gehäuse, das für Wandmontage vorgesehen ist, zusammengefaßt sind. Die gesamte Anlage ist von den Schaltschränken



DEUTSCHE RUNDFUNK-, FERNSEH-  
UND PHONO-AUSSTELLUNG

FRANKFURT/M. • 14.-23. AUGUST 1959



aus zu bedienen, von wo aus auch alle Einstellungen, wie Sollwert-Vorgabe, Eichung usw., erfolgen. Auch der in der Meßkammer eingebaute radioaktive Strahler wird automatisch bei der entsprechenden Schalterstellung des Hauptschalters geöffnet oder geschlossen. Für optimale Regelung können für diese Kalande je nach gegebenen Versteleinrichtungen Regelungen mit oder ohne Integrierung eingesetzt werden.

ELRU-Information 745

### Meßkammer in „EX“-Ausführung

Für Messungen mit der Flächengewichts- und Dickenmeßanlage „FH 46“ in explosionsgefährdeten Räumen liefert *Frieseke & Hoepfner* bestimmte Bauteile dieser Anlage auch in „EX“-Ausführung. Im allgemeinen genügt es, nur die Meßstelle und den Meßwertanzeiger im explosionsgefährdeten Raum zu installieren. Die übrigen Anlageteile werden in solchen Fällen entweder außerhalb aufgebaut oder in fremdbelüftete Schalttafeln einbezogen. Die Meßkammer in „EX“-Ausführung hat ein verschraubtes Aluminium-Gußgehäuse mit vergossenem Kabelanschluß für das 10 m lange Meßkammerkabel.

ELRU-Information 746

### Behälterstandüberwachung

Zur Messung von Füllständen an Behältern, die unter hohem Druck stehen oder beispielsweise chemisch aggressive, giftige, feuergefährliche oder hochexplosive Flüssigkeiten enthalten, sind die konventionellen Methoden, zum Beispiel mit Schwimmern und Schaugläsern, vielfach nicht anwendbar. Bei festem Füllgut, wie Kohle, Kalk, Erz usw., versagen diese Methoden überhaupt.

Durch Anwendung von radioaktiven Isotopen (Gamma-Strahlern) ergibt sich in Verbindung mit geeigneten Strahlungsempfängern ein einfaches und zuverlässig arbeitendes Verfahren zur Messung oder Regelung von Füllstellen. Die von einem Radioisotop ausgehende Gamma-Strahlung durchsetzt dabei den Behälter und trifft je nach der Höhe des Füllgutes mehr oder weniger geschwächt auf ein Zählrohr, das die auftreffenden Strahlungsquanten in elektrische Impulse umsetzt. Eine Meßanlage der *AEG* verwendet als Gamma-Strahler Kobalt 60 oder Cäsium 137. Das GM-Zählrohr vom Halogentyp ist mit dem Gleichspannungswandler, der die Betriebsspannung für das Zählrohr liefert, mit dem Impulsformer und dem Integrierteil (Zählratenmesser) in einem Stahlrohr von 60 mm Durchmesser und 490 mm Länge untergebracht. Der Ausgangsstrom der Zählstufe hängt von der einfallenden Strahlung am Zählrohr und damit von der Höhe der Behälterfüllung ab. Der Gleichstrom (etwa 160 µA bei 110 Imp/min) kann entweder mit einem Drehspul-Anzeigegerät oder -Schreiber gemessen oder registriert werden oder einen Regler oder eine Grenzwert-Relaiseinheit betätigen.

ELRU-Information 747

### Fußboden-Kontrollgerät

Zur Feststellung und Lokalisierung von aufgetretenen radioaktiven Ver-seuchungen auf größeren Flächen, zum Beispiel auf Fußböden in Isotopen-Laboratorien, hat *Frieseke & Hoepfner* ein Kontrollgerät entwickelt, in dem zwei große Halogenzählrohre FH 75 angeordnet sind. Das Gerät ist auf drei Kunststoffrollern, die bei Verseuchung gereinigt oder ausgewechselt werden können, fahrbar. Die drei Meßbereiche sind auf 2000, 8000 und 120000 Imp/min umschaltbar, der Nulleffekt ist etwa 400 Imp/min. Die Anzeige des Meßwertes erfolgt auf einem auch während der Fahrt bequem ablesbaren Instrument. Zusätzlich kann zur trägeitslosen Anzeige bei schnellem Abfahren ein Kopfhörer angeschlossen werden. Die Empfindlichkeit ist so groß, daß eine punktförmige Verseuchung mit 1 nc Sr 90 eine Erhöhung der Impulsrate um etwa 100 Imp/min ergibt. Bei normaler Fahrgeschwindigkeit ist eine punktförmige Verseuchung mit 5 nc Sr 90 noch deutlich feststellbar. Aktivitätskonzentrationen auf größerer Fläche sind wegen der großen effektiven Fläche des Fußboden-Kontrollgerätes sehr empfindlich meßbar.

ELRU-Information 748

## PERSONLICHES

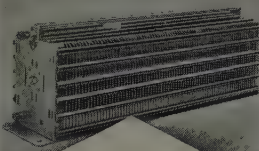
### Professor Dr. Heinrich Fassbender 75 Jahre

Am 23. Juni 1959 vollendete Professor Dr. phil. Heinrich Fassbender, emer. ord. Professor der Technischen Universität Berlin, sein 75. Lebens-jahr. Nach der Promotion an der Universität Marburg habilitierte sich Fassbender 1914 an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg für elektrotechnische Meßkunde, drahtlose Telegrafie und Telefonie, wo ihm 1918 der Titel Professor verliehen wurde. Nach Pionierarbeiten auf dem Gebiet der Trägerfrequenztechnik folgte Fassbender in den Jahren 1922 bis 1926 einem Ruf an die Universität La Plata (Argentinien). Nach seiner Rückkehr trat er ab 1926 bis Kriegsende als Leiter Berliner wissen-schaftlicher Institute hervor und wirkte ab 1935 als ord. Professor für Hochfrequenztechnik der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Seit 1948 ist Fassbender, dem die philosophische Fakultät der Universität Marburg 1957 das Goldene Doktordiplom verlieh, als wissenschaftlicher Berater der *Frieseke & Hoepfner GmbH*, Erlangen-Bruck, auf dem Gebiete der Kernstrahlungs-Meßtechnik tätig.

Weiten wissenschaftlichen Kreisen ist Fassbender als Verfasser oder Herausgeber mehrerer Bücher und Zeitschriften bekannt geworden. Dar-über hinaus erschienen von ihm über 100 Arbeiten in wissenschaftlichen und technischen Fachzeitschriften. Seine verdienstvolle wissenschaftliche Arbeit fand äußere Anerkennung durch Berufung zum korrespondierenden

# RUHSTRAT

## Erzeugnisse



**Fest- und Schiebe-Widerstände**  
in NEUESTER Ausführung und altbewährter anerkannter Qualität,

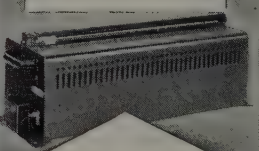
**mit zementierter Wicklung**  
VOLLENDETE Kühlungsverhältnisse bei verbesserter Stabilität der berührungsschutzsicheren Abdeckung

•

**Ring-widerstände**  
(Potentiometer)

**zementiert**  
sowie

**Kastenwiderstände**  
nach wie vor in den bekannten, bestens bewährten Ausführungen, vielseitig in praktischer Anwendung



**Schiebe-Trans-formaloren**

**Ringstell-Trans-formaloren**

in altbewährter QUALITÄT  
bei ständig verbesserter Ausführung, universell und zuverlässig in Anwendung bei bequemster Handhabung für Forschung und Technik

**GEBR. RUHSTRAT**  
**GÖTTINGEN**  
WERKE FÜR FEINMECHANIK UND ELEKTROTECHNIK



Zwischen Entwicklung und Vertrieb steht ein interessantes

## SONDERGEBIET

Entwurf und textliche Gestaltung der für einen erfolgreichen Vertrieb wichtigen technischen Informationen, z. B. Handbücher für Meßgeräte, Kataloge für In- und Ausland und Datenblätter.

Die Aufgaben erfordern die Verbindung von technischer Begabung mit sprachlicher Ausdruckskraft, insbesondere aber die gestalterische Fähigkeit, das zunächst nüchterne Informationsmaterial der Entwicklung in sachlich richtige und ansprechende Form zu bringen.

Gründliche Kenntnisse in HF-Technik sind Voraussetzung. Wünschenswert sind Erfahrungen in der Beschreibung von HF-Geräten. Wir bieten aber auch jüngeren Herren jede Chance bei gründlicher Einarbeitung, die einen Überblick über unser gesamtes Meßgeräteprogramm gibt.



## ROHDE & SCHWARZ

Die Personalabteilung München 9, Tassiloplatz 7, erbittet Ihre ausführlichen Bewerbungsunterlagen

Wir suchen

## Diplom-Ingenieure und Techniker

für interessante Entwicklungsaufgaben auf dem Fernseh-Studiogebiet. Erfahrungen in Verstärker- und Impulstechnik sind erwünscht.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf und Zeugnisabschriften erbitten wir unter Angabe der Gehaltswünsche und des möglichen Eintrittstermines zu richten an

**Fernseh GmbH, Darmstadt, Am Alten Bahnhof 6**

Wir suchen für unsere im Aufbau befindliche Abteilung Reaktorbetrieb zum sofortigen Eintritt

## 1 Elektroniker (DI)

möglichst mit einigen Jahren Berufserfahrung auf dem Gebiet der Zählrohr-, Impuls- oder Rechenmaschinentechnik.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen erbitten an

**KERNREAKTOR Bau- und Betriebs-Gesellschaft m. b. H., Karlsruhe, Weberstraße 5**

Mitglied und Verleihung der Mitgliedschaft in- und ausländischer Fachgremien. Die Universität Göttingen zeichnete ihn 1933 mit der Gauß-Weber-Medaille aus.

### Honorarprofessor für F. E. Borgnis

Professor Dr. F. E. Borgnis, Direktor des Zentrallaboratoriums der Allgemeinen Deutschen Philips Industrie GmbH in Hamburg-Stellingen, wurde zum Honorarprofessor an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hamburg ernannt. Professor Borgnis hat seine Vorlesungen in Hamburg mit Beginn des Sommersemesters aufgenommen.

### Dr.-Ing. Sennheiser Honorarprofessor

Der Niedersächsische Kultusminister hat auf Vorschlag der Technischen Hochschule Hannover Dr.-Ing. Sennheiser am 3. Juni 1959 zum Honorarprofessor ernannt.

### Albert Habermann 25 Jahre bei Rohde & Schwarz

Am 1. Juni 1959 konnte Direktor Dipl.-Ing. A. Habermann auf eine 25jährige Zugehörigkeit zum Hause Rohde & Schwarz zurückblicken. Kurz nach Beendigung des Studiums an der Technischen Hochschule München kam Habermann 1934 in das damals noch unbekannte Physikalisch-technische Entwicklungslabor von Dr. Rohde und Dr. Schwarz. Als Direktor der Meßgerätebau GmbH baute er 1943 das Werk Memmingen auf, das er in echter Rohde & Schwarz-Tradition und in engster Verbindung mit dem Stammwerk geleitet hat. Seit 1953 ist der Jubilar wieder im Stammwerk tätig. Dort unterstehen ihm die gesamte Fertigung und der Meßgerätevertrieb.

### Neuer Geschäftsführer der Alldelphi

Mit Wirkung vom 6. Juni 1959 wurde auf Grund eines Gesellschafterbeschlusses Herr P. H. Le Clercq zum Geschäftsführer der Allgemeinen Deutschen Philips Industrie GmbH (Alldelphi) in Hamburg bestellt. Er hat in diesem Unternehmen, für das er alleinzeichnungsberechtigt ist, den Vorsitz der Geschäftsführung übernommen. P. H. Le Clercq war seit 1929 im Rahmen der Philips-Weltorganisation in verschiedenen Ländern tätig, zuletzt als Präsident der Philips Argentina S.A. in Buenos Aires. Herr Dipl.-Kfm. A. Giberius hat zum gleichen Zeitpunkt auf eigenen Wunsch seine Aufgaben als Vorsitz der Geschäftsführung der Allgemeinen Deutschen Philips Industrie GmbH (Alldelphi) beendet.

### DECHEMA-Preise 1957 und 1958 verliehen

Auf der Jahrestagung 1959 der DECHEMA Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen e. V. am 21. und 22. Mai in Frankfurt am Main, an der rund 700 Fachleute aus dem In- und Ausland teilnahmen, wurden die DECHEMA-Preise 1957 und 1958 der Max-Buchner-Forschungstiftung an zwei verdiente jüngere Forscher verliehen. Professor Dr.-Ing. Th. Gast erhielt den DECHEMA-Preis 1957 für die Entwicklung und apparative Gestaltung der elektrischen Mikrowaage, die automatische Registrier- und Regelvorgänge ermöglicht. Dozent Dr. rer. nat. E. U. Franck erhielt den DECHEMA-Preis 1958 für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Lösungen in überkritischen Gasen bei hohen Temperaturen und Dichten.

Wir suchen

## jüngere Ingenieure oder Physiker

(TH oder HTL)

für interessante Entwicklungsaufgaben auf dem Gebiete

a) elektronischer Meß- und Regelverstärker (Röhren- sowie Halbleiter-Verstärker).

b) Entwicklung elektronischer Regel- und Servoverfahren mit guten Kenntnissen in der Schwachstromtechnik.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschr. sowie Gehaltsansprüchen bitten wir zu richten an

**SCHOPPE & FAESER G. M. B. H. - MINDEN / WESTFALEN**



## ELRU - Informationen

Wünschen Sie ausführliche Informationen über die in diesem Heft besprochenen Geräte und Anlagen oder über die im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse?

Dann geben Sie uns bitte auf anhängender Karte durch Ankreuzen der jeweiligen Kennzahlen Ihre Wünsche bekannt. Wir geben Ihre Wünsche gern kostenlos und ohne Verbindlichkeiten für Sie an die Hersteller weiter.



ELRU - Informationen

## ELRU - Informationen

### ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

7  
1959

Ich wünsche unverbindlich weitere Informationen über die Erzeugnisse, deren Kennzahlen angekreuzt sind, sowie über folgende im Anzeigenteil angekündigte Geräte und Anlagen.

700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719  
720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739  
740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759

(Gültig bis 31. 10. 1959)

Seite.....Firma.....

Erzeugnis.....

Seite.....Firma.....

Erzeugnis.....

## Anzeigenteil

(Name, Vorname, Beruf) .....

(Firma) .....

(Wohnort, Straße, Hausnummer) .....

## Neue Erzeugnisse · Industrie-Druckschriften

7  
1959

### Bosch

#### MP-Kondensatoren für Induktionsöfen

In Gießereien werden heute Induktionsöfen mit Anschlußleistungen von einigen hundert Kilowatt verwendet. Wegen des hohen Blindstrombedarfes ist eine Kompensation durch Leistungskondensatoren notwendig. Den besonderen Bedingungen des Ofenbetriebes hat Bosch durch die Entwicklung eines speziellen Ofen-Kondensators Rechnung getragen. Er ist aus den bewährten selbstheilenden Metallpapier-Wickeln aufgebaut und mit der WS-Einrichtung versehen, so daß er zuverlässig gegen alle elektrischen Fehler und deren Folgen geschützt ist. Bei der Gestaltung der äußeren Form wurde berücksichtigt, daß solche Batterien aus vielen Kondensatoreinheiten auf kleinem Raum zusammengestellt und in fein abstufbare Leistungsgruppen unterteilt werden müssen.

ELRU-Information 716

### Brüel & Kjær

#### Technical Review, Nr. 2/59

Dieses Heft enthält die Fortsetzung eines Beitrags aus Nr. 1/59 und behandelt zwei Verfahren für die Bestimmung der Druckanstiegskurve von Kondensatormikrofonen. Bei dem ersten Verfahren wird an einem Modell des Mikrofons die Druckverteilung

im freien Feld untersucht sowie die Empfindlichkeitsverteilung über der Membrane. Man errechnet die Druckanstiegskurve mit Hilfe eines speziell entwickelten Eichgitters. Bei dem zweiten Verfahren wird die Frequenzkurve punktwise nach der Freifeld-Reziprozitätsmethode gemessen und mit der nach der elektrostatischen Methode gemessenen Druckammerkurve verglichen.

ELRU-Information 717

### Elektro Spezial

#### Leitfähigkeits-Meßbrücke „PR 9500“

Diese in Brückenschaltung arbeitende Philips-Meßbrücke ist zum Messen und Vergleichen spezifischer Widerstände und Leitfähigkeiten wässriger Lösungen sowie zum Messen ohmscher Widerstände bestimmt (Meßbereich: 0,5  $\Omega$ ...10 M $\Omega$ ). Die Brücke wird entweder mit Wechselspannung 40...100 Hz aus dem Netz oder mit 1000 Hz aus dem eingebauten Oszillator gespeist. Um unerwünschte elektrolytische Einflüsse ausschalten zu können, ist Phasenkorrektur mittels eines veränderbaren Kondensators möglich. Durch Anschluß eines elektronischen Relais läßt sich die Wanderung des eingestellten Leitwerts über eine bestimmte Grenze hinaus optisch und akustisch melden.

ELRU-Information 718

### General Radio

#### General Radio Experimenter, Nr. 4/59

Zur Verbesserung der Konvergenz des Brückenabgleichs hat GR eine mechanische Anordnung entwickelt, die als „Orthonull“ bekannt geworden ist. Über diesen Brückenabgleich sowie über den Dreiphasen-Netzspannungsregler „1570-AS25“ und die Polystyrol-Kondensator-Dekade (in Stufen von je 100 pF einstellbar) gibt das vorliegende Heft, dem die deutsche Vertretung (Dr.-Ing. Nüsslein) wieder eine Übersetzung beilegte, Aufschluß.

ELRU-Information 719

### G. Neumann

#### Stabilisationszellen

Die „Stabilyt“-Zellen (Nennspannung 1,5 V) sind in vier Ausführungen für maximale Dauerströme von 6 mA, 70 mA, 150 mA und 300 mA bei Innenwiderständen von < 1,5  $\Omega$ , < 90 m $\Omega$ , < 40 m $\Omega$  und < 20 m $\Omega$  lieferbar. Die Zellen haben eine gewisse Speichervirkung, so daß die angelegte Spannung nicht nur ihrer Höhe nach stabilisiert, sondern auch geglättet wird. Wegen des sehr geringen Wechselstromwiderstandes (40 m $\Omega$  entspricht bei 50 Hz einer Kapazität von etwa 80000  $\mu$ F) ist die Glättung besonders wirksam. Zum Stabilisieren höherer Spannungen lassen

sich die Zellen ebenso in Reihe schalten wie zu Spannungsteilern niedrigsten Innenwiderstandes. Dabei spielt eine unterschiedliche Belastung der einzelnen Zellen keine Rolle.

ELRU-Information 720

### Rafena Werke

#### Technische Mitteilungen, Nr. 1/59

Die erste Ausgabe dieser Hauszeitschrift enthält u. a. Beiträge über „Entwicklungsprobleme der Richtfunk- und Fernsehtechnik“, über das „Richtverbindungsgerät mit Impuls-Phasen-Modulation RVG 934“ und über „Die Kopplungsnetzwerke der breitbandigen Verstärker in Richtfunkgeräten und ihre nichtlinearen Verzerrungen“.

ELRU-Information 721

### Sennheiser electronic Symmetrier-Übertrager „RVZ 11“

Dieser Symmetrier-Übertrager ermöglicht es, mit Röhrenvoltmetern, die 1 M $\Omega$  Eingangswiderstand haben, erdsymmetrische Spannungen im Tonfrequenzgebiet (30...15000 Hz) zu messen (Spannungsbereich max. 10 Veff; betriebsmäßiger Eingangswiderstand > 15 k $\Omega$ , Übersprechdämpfung einer unsymmetrischen Komponente > 60 dB).





Enthält in den Juliheften u. a. folgende Beiträge:

## 1. Juliheft 1959 (13)

Theodor Graf von Westarp zum Gedächtnis  
Stereophonie in neuen Heimgeräten · Marktgerechte Rundfunkempfänger 1959/60  
»DANZA« und »PAGE« · Zweibereich-Super mit interessanter Schaltungstechnik  
»Tannhäuser« — Stereo-Spitzensuper mit automat. UKW-Scharfabstimmung  
Stereo-Tischgeräte  
Netztransformator mit Schnittbandkern für Kleinempfänger  
Stereo-Richtungsmischer  
Fernsehempfang im Band IV in Gemeinschafts-Antennenanlagen  
Neue Servicegeräte für die Rundfunk- und Fernseh-Werkstatt  
Einheitschassis für Rundfunk-Geräte und Musikschränke  
Die Umschaltung der Lautsprecher bei »Concertino Stereo« und »Opus Stereo«

## 2. Juliheft 1959 (14)

Funktechnik im Straßenverkehr  
Neue Rundfunk-Heimempfänger 1959/60 · Schaltungstechnische Einzelheiten  
Automatische UKW-Scharfabstimmung  
Stereo-Verbundschaltung  
Die Musiktruhe »New York 1959/60« mit Konzert-Hall  
Richtlinien zur Planung, zum Aufbau, zur Übergabe, zur Wartung und zum Betrieb  
von Gemeinschafts-Antennenanlagen  
Neue Germanium- und Silizium-Bauelemente  
Einseitenband — ganz einfach  
Die negative Gittervorspannungserzeugung im Sender  
einmillionster autosuper lief vom band ...  
Einige erprobte Lautsprecheranordnungen für Stereo-Wiedergabe  
Das neue Institut für Rundfunktechnik in München  
Rundfunk-Stereophonie im Ausland

\*

FT-Kurznachrichten · Persönliches · Jubiläen · Neue Bücher · FT-Zeitschriftendienst  
Unsere Leser berichten  
Beilagen: Transistor-Schaltungstechnik · Einführung in die Matrizenrechnung

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH · Berlin-Borsigwalde

# ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

## POSTKARTE

## ELRU-Informationen

## BERLIN-BORSIGWALDE

Eichborndamm 141-167

Der „RVZ 11“ ist in Form eines Kabel-Übertragers ausgeführt. In die Eingangsbuchsen des Symmetrier-Übertragers passen geschirmte Stecker nach DIN 41628.

ELRU-Information 722

## Siemens Halbleiter

Die neue Ausgabe dieser Broschüre enthält Schaltunterlagen und Beschreibungen, die an Hand von vielen Beispielen die mannigfaltigen Anwendungsmöglichkeiten von Halbleiter-Bauelementen zeigen. Man findet hier Beispiele für NF-Verstärker und Rundfunk-Schaltungen, Zerschacker, Oszillatoren, Multivibratoren und Anordnungen zur Relaisverzögerung mit Transistoren, für Steuerschaltungen mit Halbleiter-Bauelementen sowie für geregelte Netzgeräte mit Transistoren.

ELRU-Information 723

## Scheibentriode RH 6 C

Diese luftgekühlte Scheibentriode in Metall-Keramik-Ausführung ist für Oszillatoren, Verstärker und Frequenzvervielfacher bis etwa 7 GHz bestimmt. Unter der Typenbezeichnung RH 7 C ist sie ohne Radiator lieferbar. Die zugelassene Maximaltemperatur an den Außenflächen der Röhre beträgt 180°C. Zur Abführung der Wärme ist ein ausreichender Luftstrom durch einen geeigneten Kühlkanal zur Kühlung des

Radiators notwendig. Kenn-daten:  $U_a = 400 \text{ V}$ ;  $U_{bg} = 20 \text{ V}$ ;  $R_k = 380 \Omega$ ;  $I_a = 60 \text{ mA}$ ;  $S = 18 \text{ mA/V}$ ;  $\mu = 70$ .

ELRU-Information 724

## Standard Elektrik Lorenz AG

### Selen-Kleinstgleichrichter in Gießharzausführung

Die moderne Elektronik fordert sehr zuverlässige Bauelemente bei gleichzeitig kleinsten Abmessungen. Die SAF-Selen-Kleinstgleichrichter zeichnen sich durch besonders kleine Abmessungen und gute elektrische Eigenschaften aus und lassen sich einfach einbauen. Sie sind gegen atmosphärische Einflüsse weitgehend unempfindlich. Die Gleichrichterplättchen werden zusammen mit den Anschlußbahnen und Schaltverbindungen in ein Gehäuse aus gut wärmeleitendem Kunststoff eingebaut und durch Gießharz nach außen abgeschlossen. Insgesamt sind 35 Typen für die verschiedenen Schaltungsarten lieferbar.

ELRU-Information 725

## TeKaDe

### Transistor GFT 43

Dieser *pnp*-Drift-Transistor ist vorzugsweise für Anwendungen in ZF-Verstärkern für 10,7 MHz sowie in Vor- und Mischstufen von KW-Geräten bestimmt. In Emitterschaltung ist für 1 kHz der Stromverstärkungsfaktor  $\alpha = 70$  und die Grenzfrequenz  $f_c$

$40 > 25 \text{ MHz}$ . Gleichstrom-Meßwerte: Kollektorspannung —  $U_{CE}$ : 6 V; Kollektorstrom —  $I_C$ : 1 mA; Basisspannung —  $U_{BE}$ : 210 mV; Basisstrom —  $I_B$ : 15  $\mu\text{A}$ ; Kollektorstrom —  $I_{C_0}$  bei —  $U_{CB} = 6 \text{ V}$ :  $2 < 20 \mu\text{A}$ ; Emittorstrom —  $I_{E_0}$  bei —  $U_{EB} = 0,5 \text{ V}$ :  $1 < 10 \mu\text{A}$ .

ELRU-Information 726

## Telefunken

### Oszillographen-Röhren und Mikrowellen-Röhren, Technische Daten 1959

Die in dieser Datenliste aufgeführten technischen Daten sollen der raschen Orientierung dienen. Damit die gewünschte Übersichtlichkeit erhalten bleibt, werden nur die wesentlichen Angaben gebracht. Eine Zusammenstellung der benutzten Kurzzeichen, der Schlüssel für die Typenbezeichnung sowie eine Äquivalenz- und Austauschliste ergänzen den Inhalt.

ELRU-Information 727

## Valvo

### Schaltertransistoren OC 139, OC 140, OC 141

Diese drei legierten, symmetrischen Germanium-*n-p-n*-Schaltertransistoren sind ähnlich wie die Typen OC 46 und OC 47 für elektronische Rechner vorgesehen, und zwar als schnelle Kerntreiber mit maximal 250 mA Spitzenstrom. Die Einschalt-Zeitkonstante des Ausgangs-

stromes für Stromspeisung bei  $U_{CE} = 0,75 \text{ V}$  und  $i_{CM} = 200 \text{ mA}$  ist maximal 1,75  $\mu\text{s}$ , und zwar sowohl bei normal betriebem als auch bei invers betriebem Transistor, d. h. bei vertauschtem Kollektor und Emittor. Die Einschalt-Zeitkonstante des Ausgangsstromes für Spannungspeisung bei  $U_{CE} = 5 \text{ V}$  und  $i_{CM} = 1 \text{ mA}$  ist maximal 0,15  $\mu\text{s}$ . Die drei Typen unterscheiden sich untereinander durch Grenzfrequenz und Stromverstärkung.

ELRU-Information 728

## Wandel u. Goltermann

### Windungszahlmeßgerät „WZL-181“

Mit diesem Gerät lassen sich die Windungszahl und eventuell vorhandene Kurzschlußwindungen sowie der Windungssinn von Spulen aller Art messen, ohne daß die Spule zuvor mit einem Eisenkern versehen werden muß. Es stehen zwei Prüfochsen „PJ-1“ und „PJ-2“ zur Verfügung, die fast alle Spulen der elektrischen Nachrichtentechnik (Übertrager-, Filter-, Relais- und HF-Spulen) aufnehmen können. Gleichzeitig ist es möglich, den Kupferwiderstand im Bereich 50  $\Omega$ ...20 k $\Omega$  zu messen. Windungszahlmessungen sind im Bereich 1...10<sup>6</sup> Wdg. möglich. Die Anzeigeempfindlichkeit für Kurzschlußwindungen ist in zwei Bereichen etwa 0,5% oder etwa 0,05% der Gesamtwindungszahl.

ELRU-Information 729



F. KOSEL

### Stabilitätsprobleme bei monostabilen Multivibratoren

Die zur Anregung monostabiler Multivibratoren erforderlichen Triggerimpulse werden im allgemeinen durch Differentiation von Rechteckimpulsen gewonnen. Da die Triggerimpulse eine gewisse Mindestamplitude nicht unterschreiten dürfen, wird zunächst der Einfluß der in Frage kommenden Zeitkonstanten auf die Impulsamplitude untersucht. Der zweite Teil der Arbeit behandelt das Problem der Frequenzabhängigkeit der Ausgangsimpulsbreite. In Hand der Ergebnisse wird eine stabile Schaltung entwickelt.

F. FRIESE

### Quasilogarithmische Impulsanzeige mit Transistoren

Auf Grund der Verwendung von drei in Serie geschalteten einfachen monostabilen Kippschaltungen ist die quasilogarithmische Anzeige eines amerikanischen Neutronenmeßgerätes (Ratemeter) an einigen Stellen mehrdeutig. Zur eindeutigen quasilogarithmischen Anzeige wurde eine Transistorschaltung mit 7 Transistoren OC 602 für den Bereich 0...7000 Imp./s entwickelt und untersucht. Eine Berechnung des Anzeigeunterschiedes zwischen gleichmäßiger und statistischer Impulsverteilung zeigt, daß der Fehler mit steigender Zählrate abnimmt und bei 700 Imp./s unter 1% liegt. Zur Rechnungvereinfachung wurde die Gaußsche Normalverteilung durch eine Parabel ersetzt.

E. LOTSCH

### Untersuchung des Kreuzmodulationsverhaltens von HF-Transistoren

In der vorliegenden Arbeit werden die physikalischen Grundlagen der Kreuzmodulation beschrieben und insbesondere für den Transistor untersucht. Nach einer ausführlichen Beschreibung verschiedener Meßverfahren werden an Hand von Meßergebnissen die für das Kreuzmodulationsverhalten des Transistors wichtigen Transistor-Parameter und der Einfluß des Innenwiderstandes der Signalquelle diskutiert. Aus dem Klirrfaktor dritter Ordnung bei Niederfrequenz wird die Kreuzmodulation bestimmt und mit den mit Hochfrequenz gemessenen Kurven verglichen. Den Abschluß bildet eine Gegenüberstellung des Kreuzmodulationsverhaltens des Transistors und der Elektronenröhre.

### Abstrahlung von vier UKW-Programmen über eine Antenne

Die Britische Rundfunkgesellschaft (BBC) hat vor kurzem einen wesentlichen Beitrag zur Vermehrung der Empfangsmöglichkeiten im UKW-Bereich geleistet, dessen Bedeutung besonders auch im Hinblick auf eine ähnliche Vermehrung im Fernsehgebiet nicht übersehen werden kann: Eine einzige Antennenanordnung wird zur Abstrahlung der gleichzeitig von vier UKW-Stationen bereitgestellten Programme verwendet. Das Ergebnis kommt ausschließlich dem Hörer zugute, der bisher im Durchschnitt nur zwischen zwei oder drei UKW-Sendungen wählen konnte.

W. SCHMIDT

### Parallelbetrieb von mehreren Einkopplungssystemen in Mikrowellengeneratoren mit abgeschlossenen Arbeitsräumen

Dauerstrichmagnetrons für Mikrowellengeneratoren stehen vorläufig mit Ausgangsleistungen von einigen Kilowatt zur Verfügung. Sollen Anlagen größerer Leistung gebaut werden, ist ein Parallelbetrieb der Magnetrons erforderlich. Werden die Einkopplungssysteme der Magnetrons einzeln an den Arbeitsraum angepaßt und in unterschiedlicher Polarität zum Arbeitsraum angeordnet, tritt eine Leistungskopplung der Magnetrons untereinander nicht auf. Bei Verwendung von zwei Einkopplungssystemen mit einem oder zwei Magnetrons kann außerdem durch die Überlagerung geeigneter Schwingungsformen ein weitgehend ausgeglichener Verlauf der Energiedichte im Arbeitsraum erreicht werden, der mit einem Einkopplungssystem nur durch wesentlich größeren Aufwand möglich ist.

H. REDLICH

### Stereophonie der Schallplatte

Für die stereophonische Aufzeichnung auf Schallplatten sind nur Verfahren geeignet, die beide Stereo-Informationen in einer einzigen Schallrinne enthalten. Ein solches Verfahren ist die international genormte Zweikomponentenschrift. Der Beitrag behandelt die Prinzipien dieser Technik sowie den Aufbau und die Arbeitsweise des Stereo-Schreibers und des Stereo-Abtasters. Eine Untersuchung der Verzerrungen zeigt, daß sich mit der Zweikomponentenaufzeichnung eine den heutigen Anforderungen entsprechende Wiedergabequalität erreichen läßt. Abschließend werden Fragen der Kompatibilität besprochen. Ferner wird ein Gerät kurz beschrieben, das bei der Mischung die Kontrolle der Phasenlage mehrerer Stereo-Mikrofone ermöglicht.

H. RINDFLEISCH

### Ton- und Fernschrundfunk auf der CCIR-Konferenz in Los Angeles

Vom 2. bis 29.4.1959 fand in Los Angeles die IX. Vollversammlung des CCIR statt. Der Bericht behandelt vor allem die Ergebnisse der Studienkommissionen X und XI. Bei der Studienkommission X (Tonrundfunk) standen die Rundfunk-Stereophonie, ferner Fragen bezüglich des Lang- und Mittelwellenempfangs sowie für UKW die Festlegung von Schutzverhältnissen im Vordergrund. Ein weiterer Komplex umfaßte Forderungen für den Programmaustausch auf Platte, Band und Film. Die Studienkommission XI (Fernschrundfunk) bearbeitete in erster Linie den Angleich der vorhandenen Fernsehnormen für Sendungen in den Bändern IV und V.

### Angewandte Elektronik (Kurzbesprechungen elektronischer Geräte)

- Röhrenvoltmeter „2409“ ..... (Brüel & Kjaer)
- Konstantstromquelle „CS-11“ ..... (North Hills Electric Co., Inc.)
- Hochbelastbare Vierschicht-Diode ..... (Shockley Transistor Corp. der Beckman Instruments Inc.)
- Miniatur-Zerhacker ..... (Stevens-Arnold)
- Schwingkondensatoren ..... (Stevens-Arnold)



## Summary

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, Vol. 13 (1959) No. 8

G. KOSEL: *Stability Problems with Monostable Multivibrators* p. 277—279

The trigger pulses necessary for the operation of monostable multivibrators are obtained in general by differentiation of square pulses. As the trigger pulses must not be below a certain minimum amplitude, the influence of the time constants on the pulse amplitude is examined first of all. The second part of the article deals with a problem of frequency dependence of the output pulse width. A stable circuit is demonstrated by results.

W. SCHMIDT: *Parallel Operation of Several Feed Systems in Micro-Wave Generators with Closed Operating Space* p. 280—282

Constant current magnetrons with output power of some kilowatts are currently available. If units of higher output are to be built parallel operation of the magnetrons is necessary. With separate feed systems there is no mutual influence of power coupling between the magnetrons. By the use of two feed systems with one or two magnetrons a reasonably balanced flow of energy can moreover be achieved in the operating space. With a single feed this would involve considerably more outlay.

T. FRIESE: *Quasi-Logarithmic Pulse Indication with Transistors* p. 283—285

By the use of three simple monostable toggle circuits connected in series the quasi-logarithmic indication of an American ratemeter is ambiguous at several points. A transistor circuit with 7 transistors OC 602 for the 0...7000 p/s range is developed and tested for unequivocal quasi-logarithmic indication. A calculation of the indication difference between equal and statistical pulse distribution shows that error reduces at increasing counting rate and lays below 1 per cent. at 700 p/s. To simplify the calculation the Gauss normal distribution is substituted by a parabola.

H. REDLICH: *Stereophony on the Disc* p. 286—289

The only systems suitable for stereophonic recording on discs are those which contain both stereo channels in a single groove. The internationally standardized two-component recording is such a system. The article deals with the principles of this technique as well as the design and operation of the stereo stylus and stereo pick up. Measurement of distortion shows that two-component recording can satisfy modern reproduction standards. Finally, questions of compatibility are discussed. A unit is described which gives control of the phase relations of several stereo microphones.

H. LOTSCH: *Examination of Cross-Modulation Behaviour of HF-Transistors* p. 290—294

The present article deals with the physical principles of cross-modulation and examines them especially relating to the transistor. After a description of different measuring methods transistor parameters important for the cross-modulation of the transistor are discussed and the influence of the internal resistance of the signal source is considered. The cross-modulation is derived from the percentage third-harmonic distortion at low frequency and compared with the characteristics measured by high frequency. The conclusion is the comparison of the cross-modulation behaviour of the transistor and the electronic valve.

H. RINDFLEISCH: *Sound and Television Broadcasting on the CCIR Conference in Los Angeles* p. 294—296

The report of the XI. plenary assembly (2.-29. 4. 1959) deals above all with the results gained by the commissions X (sound broadcasting) and XI (television broadcasting).

*Radiation of Four Ultra-Short Wave Programmes from One Aerial* p. 298—301

The British Broadcasting Corporation has recently taken a considerable step forward in increasing reception facilities in the ultra-short wave band, the importance of which should not be overlooked in relation to a similar increase in TV reception facilities. A single aerial arrangement used for the radiation of the programmes supplied simultaneously by four ultra-short wave stations. The result is exclusively for the benefit of the listener who up to now has only had the chance to choose between two or three ultrashort wave programmes on the average.

## Le résumé

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, tome 13 (1959) No 8

G. KOSEL: *Problèmes de stabilité dans les multivibrateurs monostables* p. 277—279

Les impulsions nécessaires pour le déclenchement des multivibrateurs monostables sont généralement obtenues par différenciation de rectangulaires. Comme l'amplitude des impulsions de déclenchement doit dépasser un certain niveau, il est important d'analyser l'influence que possède la constante de temps sur cette amplitude. La seconde partie de l'article est consacrée à la variation de la largeur des impulsions de sortie en fonction de la réponse en fréquence. Les résultats de ces considérations permettent de concevoir un montage stable.

W. SCHMIDT: *Fonctionnement en parallèle de plusieurs systèmes d'injection dans les générateurs de micro-ondes à espace de travail fermé* p. 280—282

On dispose actuellement, comme générateurs de micro-ondes, de magnétrons pour fonctionnement continu d'une puissance de quelques kilowatts. Un montage en parallèle de plusieurs magnétrons est nécessaire, si on demande une puissance plus grande. En disposant séparément les systèmes d'injection sur l'espace de travail, on n'observe, en ce qui concerne les puissances, aucune interdépendance. En utilisant deux systèmes d'injection on peut obtenir, par superposition de modes d'oscillation convenables, une répartition largement constante de la densité d'énergie dans l'espace de travail. Dans le cas d'un seul système, cela ne serait possible qu'avec une dépense sensiblement plus grande.

T. FRIESE: *Montage à transistors pour l'indication quasi-logarithmique d'impulsions* p. 283—285

Utilisant trois bascules monostables simples connectées en série, l'indicateur quasi-logarithmique d'un appareil américain de mesure de rayonnement neutronique (Ratemeter) laisse apparaître des interprétations multiples dans certains cas. En vue d'obtenir une indication unique, on a mis au point et expérimenté un montage comportant sept transistors OC 602, et conçu pour la gamme 0 à 7000 impulsions par seconde. Le calcul de la différence d'indication entre les distributions d'impulsions continue et statique montre que l'erreur diminue quand le nombre d'impulsions augmente, elle est inférieure à 1% à 700 impulsions par seconde. Pour simplifier le calcul, on a remplacé la courbe de Gauss par une parabole.

H. REDLICH: *Stéréophonie sur disque* p. 286—289

Pour des enregistrements stéréophoniques sur disques, on ne peut utiliser que des procédés où les deux informations sont contenues dans le même sillon. Un tel procédé est constitué par le standard international de la gravure à deux composants. L'article traite des principes de cette technique, ainsi que de la constitution et du fonctionnement du graveur et du lecteur stéréophoniques. En ce qui concerne la distorsion, on peut montrer que l'enregistrement à deux composants permet une qualité de reproduction correspondant aux exigences actuelles. Des questions de compatibilité sont également traitées. On trouve, de plus, la brève description d'un appareil permettant le contrôle de la position de phase lors du mélange de plusieurs microphones stéréophoniques.

H. LOTSCH: *L'intermodulation dans le cas du transistor H.F.* p. 290—294

Une description du phénomène physique de l'intermodulation est suivie d'une analyse concernant le cas du transistor. Plusieurs procédés de mesure sont décrits en détail; les résultats permettent de dégager les paramètres qui sont les plus importants dans ce cas, ainsi que l'influence de la résistance interne de la source de commande. La distorsion de troisième ordre en B.F. permet de conclure sur l'intermodulation; les résultats ainsi obtenus sont comparés avec des courbes relevées en H.F. Finalement, on donne une comparaison concernant l'intermodulation dans le cas du tube et dans celui du transistor.

*Emission de quatre programmes O.T.C. par une antenne unique* p. 298—301

De récentes expériences de la radiodiffusion britannique (BBC) ont largement contribué à l'augmentation des possibilités de réception dans les gammes O.T.C. Le procédé qui a été mis au point permet de rayonner sur une seule antenne les programmes fournis par quatre émetteurs O.T.C.; son importance est d'autant plus grande qu'une application dans le domaine de la télévision peut être envisagée. Il favorise essentiellement l'auditeur qui, jusqu'ici, ne pouvait recevoir, en moyenne, que deux ou trois émissions O.T.C.